



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## *Archives des sciences physiques et naturelles*

Université de Genève, Institut de physique, Société de  
physique et d'histoire naturelle de Genève



ARC  
0900

WHITNEY LIBRARY,  
HARVARD UNIVERSITY.



THE GIFT OF  
J. D. WHITNEY,  
*Sturgis Hooper Professor*  
IN THE  
MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY  
12263

June 24, 1891









**ARCHIVES**  
**DES**  
**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

Genève. — Imprimerie Aubert-Schuchardt.

**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

---

**ARCHIVES**

**DES**

**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

**TROISIÈME PÉRIODE**

**TOME VINGT-TROISIÈME**

---

**GENÈVE**

**BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18**

**LAUSANNE**

**GEORGES BRIDEL**

Place de la Louve, 1

**PARIS**

**G. MASSON**

Boulevard St-Germain, 120

**Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE**

---

*f*<sup>m</sup>1890





**RECHERCHES**  
**SUR**  
**L'ABSORPTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS**  
**PAR DIVERSES SUBSTANCES**  
**PAR**  
**MM. J.-L. SORET et Albert RILLIET**<sup>1</sup>  
**(SIXIÈME MÉMOIRE)**

**ÉTUDE DE DIVERS CORPS APPARTENANT A LA**  
**SÉRIE GRASSE**

---

Dans l'étude de l'absorption des rayons ultra-violetes par les corps faisant partie de la Série grasse, on rencontre de grandes difficultés provenant principalement de la presque impossibilité d'obtenir ces substances à l'état de pureté. En outre, une partie d'entre elles présentent des propriétés extrêmes, les unes étant très transparentes, tandis que les autres sont excessivement absorbantes, de sorte qu'il n'est pas aisé de les rapporter à une échelle commune. Nous ne nous dissimulons pas que le manque

<sup>1</sup> Pour les précédents numéros, voyez *Archives* 1878, t. LXI, p. 322; t. LXIII, p. 89; 1880, t. IV, p. 261; 1883, t. IX, p. 513, et t. X, p. 429. — M. le prof. Albert Rilliet a bien voulu s'associer à moi pour l'étude des substances qui font l'objet de ce sixième mémoire.  
L. S.

de précision découlant de ces conditions a quelque chose de décourageant au point de vue de la recherche des lois régissant ces phénomènes; toutefois, nous croyons que, malgré leur imperfection, les résultats que nous avons obtenus méritent d'être publiés et pourront offrir de l'intérêt.

Nous ne revenons pas sur la méthode d'observation qui a été suivie; elle a été suffisamment décrite dans les précédents mémoires<sup>1</sup>.

Nous rappelons que MM. Hartley et Huntington, dans leur beau mémoire sur l'absorption<sup>2</sup>, ont étudié, par la méthode photographique, un certain nombre de corps de la série grasse; une grande partie de leurs résultats sont d'accord avec les nôtres; nous aurons cependant à signaler quelques divergences.

---

#### ALCOOLS.

Les alcools quand ils sont purs, présentent en général une grande transparence; mais leur purification complète est très difficile, si ce n'est impossible à atteindre; la rectification, faite sur de petites quantités de liquide, amène souvent des altérations très sensibles, en sorte que c'est dans les préparations faites en grand que l'on a le plus de chance de trouver de bons produits. La présence d'une petite quantité d'eau, qui elle-même est plus transparente que les alcools, ne gêne pas sensiblement l'ob-

<sup>1</sup> Voyez particulièrement le quatrième mémoire (*Archives*, 1883, t. IX, p. 513).

<sup>2</sup> Researches on the action of organic substances on the ultra-violet rays of the spectrum. *Philosophical Transactions of the Roy. Soc. Part. I.* 1879.

servation. Du reste, on peut toujours opérer la rectification et la dessiccation, et reprendre ensuite l'étude optique à nouveau.

MM. Hartley et Huntington ont indiqué comme conclusion de leurs recherches sur cette classe de corps, que la transparence des alcools va en diminuant à mesure que leurs formules chimiques se compliquent, le maximum de transparence correspondant à l'alcool méthylique, tandis que les alcools éthylique, propylique et octylique interceptent de plus en plus les rayons extrêmes du spectre. Sans combattre cette conclusion, qui peut paraître rationnelle, nous ne pourrions dire qu'elle résulte nettement des expériences dont on l'a déduite.

Nous avons examiné divers alcools, dont quelques-uns provenaient du laboratoire d'Isidore Pierre et de M. Puchot, qui nous les ont livrés avec la plus grande obligeance, il y a plusieurs années; leurs préparations faites en vue de leurs recherches sur les propriétés physiques des corps organiques avaient été l'objet des soins les plus minutieux. Ces échantillons sont désignés dans les tableaux par l'abréviation *P. & P.* D'autres produits ont été tirés de diverses fabriques, particulièrement de la maison Kahlbaum, de Berlin. Ces derniers échantillons sont désignés par l'abréviation *Kahlb.*

Nous allons exposer les résultats que nous avons obtenus.

*Alcool méthylique* ( $\text{CH}^3\text{-OH}$ ). — L'alcool méthylique ordinaire ou esprit de bois du commerce contient, comme on le sait, de nombreuses substances étrangères dont il paraît impossible de le débarrasser par rectification. On obtient cet alcool à un état de pureté beaucoup plus

grand, quand on l'extrait de l'oxalate de méthyle ou du formiate.

MM. Hartley et Huntington ont reconnu que les produits impurs sont très peu transparents, tandis qu'ils ont constaté la transmission de tout le spectre ultra-violet jusqu'à la raie 28 inclusivement, sous une épaisseur de 19<sup>mm</sup>,05 ( $\frac{3}{4}$  de pouce anglais), avec un alcool extrait assez en grand et avec beaucoup de soin de l'oxalate de méthyle. Ils ont observé toutefois un affaiblissement des raies extrêmes de 22 à 28, ce qui établit une infériorité par rapport à l'eau distillée examinée dans les mêmes conditions (spectre indium et zinc). Cette grande transparence de l'alcool méthylique est donc un fait bien constaté.

Dans nos déterminations, nous n'avons pas eu l'occasion d'opérer sur un produit aussi pur, mais nos observations, s'accordent d'une manière générale avec celles que nous venons de rappeler.

On jugera de la diversité des résultats que nous avons obtenus suivant les échantillons, d'après le tableau A, ci-après, et les courbes de la Planche I qui se rapportent aux produits suivants :

N° 1. Alcool méthylique ordinaire de la fabrique Kahlbaum examiné en septembre 1879. Cet échantillon est très peu transparent; l'absorption, sensible depuis la raie 10, devient très forte à partir de 22. Il se manifeste une bande d'absorption peu intense mais large entre 12 et 18<sup>1</sup>. Il est à remarquer que la raie 29 est sensiblement plus visible que celles qui la précèdent (de 25 à 28).

<sup>1</sup> Comme nous le verrons plus bas, l'aldéhyde et les cétones donnent une bande d'absorption dans cette région. C'est probablement à quelque impureté de cette nature qu'il faut attribuer le peu de transparence de cet alcool méthylique.

N° 2. Le même produit rectifié et desséché (P. d'Eb. 64° à 726<sup>mm</sup>), examiné le 8 septembre 1879. On remarquera que la rectification a un peu amélioré la transparence aux deux extrémités du spectre ultra-violet, mais qu'elle l'a plutôt diminuée pour les raies 17 à 20.

N° 3. Même produit examiné le 9 juillet 1888. Conservé depuis neuf ans dans un flacon bouché à l'émeri, cet échantillon avait déjà été observé à nouveau dix mois après la première détermination, et avait présenté des traces de modifications; ces modifications se sont accentuées avec le temps; le produit est devenu un peu plus transparent de 22 à 29, et notablement moins transparent de 13 à 20.

N° 4. Esprit de bois ordinaire, de Paris. Ce produit, très impur, est beaucoup plus opaque que les précédents.

N° 5. Le même esprit après une rectification à —12°, par les procédés de M. Raoul Pictet, ne s'est pas beaucoup amélioré. Les impuretés ont donc une volatilité à peu près semblable à celle de l'alcool.

N° 6. Alcool méthylique extrait de l'oxalate de méthyle. La préparation étant faite sur une trop petite quantité de matière, n'a pas donné un produit satisfaisant.

N° 7. Alcool méthylique extrait de l'oxalate de méthyle, presque sans odeur, provenant de la fabrique Kahlbaum (examiné le 19 juillet 1880). La transparence est beaucoup plus grande; toutefois ce produit est encore inférieur à celui de MM. Hartley et Huntington. On remarque une bande d'absorption entre 18 et 22; elle accuse très probablement une impureté. Nous avons retrouvé une bande analogue plus ou moins marquée dans l'oxalate de méthyle et dans l'acide oxalique. Il ne nous est pas possible de nous prononcer sur son origine.

N° 8. Même produit, conservé dans un flacon bouché à l'émeri (examiné le 23 juillet 1888). Pendant ce long espace de temps, la transparence s'est peu modifiée; elle a un peu diminué de 18 à 24 et un peu augmenté de 25 à 29. La bande d'absorption sur 20 n'a pas disparu.

N° 9. Alcool méthylique extrait du formiate de méthyle (procédé de MM. Bardy et Bordet), provenant de la maison Billault et Billaudot, de Paris; odeur assez marquée. La transparence est un peu plus grande qu'avec le n° 7 pour les quatre dernières raies, mais elle est beaucoup plus faible pour le reste du spectre <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Dans les Tableaux qui suivront, comme dans ceux des précé-

TABLEAU A. — Alcool méthylique.

RAIES	No 1. Ordinaire Kald.	No 2. N° 1 rectifié.	No 3.	No 4. Ordinaire de Paris.	No 5. N° 4 rectifié à -15°.	No 6. De l'oxalate de méthyle.	No 7. De l'oxalate de méthyle Kald.	No 8.	No 9. Du formiate de méthyle.
9	—	—	—	Dépassé 95 mm	mm	—	—	—	Dépassé 67 mm
10	32,45	54,1	59,25	32,2	36,1	—	—	—	42,3
12	21,8	27,3	43,0	7,3	9,9	—	—	—	—
13	11,25	11,65	5,85	1,2	4,5	—	—	—	14,87
14	—	8,0	—	—	0,06	10,5	—	—	—
16	—	11,1	7,22	0,9	0,85	—	—	—	—
17	11,25	14,4	9,6	0,5	0,85	8,3	Dépassé 90 mm	74,9	12,8
18	16,55	13,07	8,65	0,25	0,27	6,4	78,28	40,7	14,6
20	14,4	1,02	1,67	In sensible.	0,12	3,1	59,32	54,93	13,13
22	0,6	0,6	0,82	—	In sensible.	1,0	31,5	30,87	9,0
24	0,22	0,25	0,7	—	—	0,6	6,44	7,98	6,37
25	0,15	0,37	0,82	—	—	0,32	4,25	5,0	5,47
26	0,19	0,25	0,6	—	—	0,12	1,96	3,15	3,2
27	0,17	0,35	0,62	—	—	0,1	1,79	2,7	3,0
28	0,25	0,47	0,6	—	—	0,1	1,17	1,97	2,1
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*Alcool éthylique* <sup>1</sup> ( $C^2H^5 - OH$ ). — D'après MM. Hartley et Huntington l'alcool éthylique pur et absolu, sous une épaisseur de 19<sup>mm</sup>, intercepterait les rayons plus réfringibles que la raie 22 qui serait elle-même très affaiblie. L'alcool éthylique serait donc notablement moins transparent que l'alcool méthylique, dont le spectre, sous la même épaisseur, atteint la raie 28.

Nos recherches ne nous ont pas conduit à ce résultat : nous reconnaissons que l'alcool absolu présente approximativement le degré d'absorption que lui assignent MM. Hartley et Huntington ; mais c'est aux impuretés qui se produisent lors de la dessiccation complète que l'on doit attribuer cette transparence limitée. D'après les indications de M. Kahlbaum, l'alcool éthylique complètement desséché contient toujours des traces d'aldéhyde et d'acétal<sup>2</sup> ; or, comme nous le verrons, l'aldéhyde,

dents mémoires, la première colonne indique les numéros des raies ultra-violettes du spectre auxquelles se rapportent les observations. La position de ces raies est indiquée dans les Planches ; nous rappelons d'ailleurs ici quelle est approximativement la longueur d'ondulation des principales d'entre elles :

N° 9 Cadmium : $\lambda=860,9$	N° 25 Cadmium : $\lambda=219,5$
10    "       346,6	26    "       214,3
11    "       340,2	27    Zinc :   209,9
12    "       324,7	28    "       206,3
17    "       274,7	29    "       202,4
18    "       257,1	30    Aluminium : 298,8
22    "       232,2	31    "       193,4
24    "       226,5	32    "       186,0

Les chiffres des autres colonnes des Tableaux donnent l'épaisseur du liquide qui produit l'extinction de la raie ultra-violette correspondante.

<sup>1</sup> Nous rappelons que le sucre de canne, dont l'alcool éthylique dérive le plus souvent, présente une grande transparence. (Voyez Cinquième Mémoire, tableau H.)

<sup>2</sup> Nous ne serions pas surpris qu'il contînt aussi de l'acétone.



particulièrement, absorbe énergiquement les rayons ultra-violet.

Les produits purs, mais moins desséchés, par exemple des échantillons d'alcool à 96 %, de la fabrique Kahlbaum, présentent une transparence bien plus grande et au moins égale à celle que MM. Hartley et Huntington ont obtenue pour l'alcool méthylique.

Les alcools ordinaires que l'on trouve dans le commerce sous la dénomination d'alcools rectifiés à 40° (Cartier), sont habituellement plus transparents que l'alcool absolu pur. Nous avons eu à mainte reprise à examiner de ces produits qui nous ont souvent servi comme dissolvant dans le cours de nos recherches. Nous n'avons pas observé que leur transparence subit des modifications avec le temps et nous avons toujours obtenu les mêmes chiffres dans la limite des erreurs d'observation, tant que nous opérions avec le même échantillon.

L'ensemble des résultats numériques que nous avons obtenus sur l'alcool éthylique sont consignés dans le tableau B, ci-dessous, et dans les courbes de la Planche II.

N° 1. Alcool du commerce, dit rectifié à 40 degrés. La transparence de ce liquide est déjà très grande. Sous une épaisseur de 20<sup>mm</sup> même en opérant avec une lumière faible, on voit encore facilement la raie 26. Le spectre est donc bien plus étendu que ne l'indiquent MM. Hartley et Huntington.

On remarque quelques inflexions dans la courbe mais pas de bandes d'absorption.

N° 2. Autre échantillon d'alcool du commerce à 40 degrés. Ce produit se comporte à peu près de même que le précédent pour les quatre raies extrêmes mais il est plus transparent de 20 à 25 inclusivement. La courbe est plus régulière.

N° 3. Autre échantillon du commerce (alcool fédéral suisse) est inférieur au n° 1, sans en différer beaucoup.

N° 4. Alcool éthylique pur de Kahlbaum plus transparent que les précédents; la courbe présente deux inflexions.

N° 5. Le même produit rectifié. P. d'Eb. à  $77^{\circ}$  sous  $730^{\text{mm}}$ . La transparence est généralement plus grande; cependant elle a diminué pour la raie 25, et la courbe présente en ce point *une forte inflexion*. Ce fait qui a été constaté d'une manière positive, provient évidemment d'une altération accompagnant la rectification.

N° 6. Autre échantillon d'alcool pur de Kahlbaum à 96 %. Ce produit est notablement supérieur aux deux précédents pour la partie extrême du spectre : la raie 29 ne disparaît que sous une épaisseur de  $18^{\text{mm}},6$ ; la raie 30 (de l'aluminium) s'éteint à  $4^{\text{mm}}$ . L'inflexion près de la raie 25 est sensible, ce qui semble indiquer que la pureté n'est pas encore parfaite.

N° 7 et 8. Deux échantillons d'alcool absolu de Kahlbaum à 99,8 %. La transparence est notablement plus faible que pour l'alcool non concentré. En particulier on remarque un minimum sur la raie 25. Ces produits sont cependant plus transparents que l'alcool absolu étudié par MM. Hartley et Huntington.

(Voir le Tableau B ci-dessus.)

Nous avons fait aussi quelques observations sur l'action d'une addition d'eau à l'alcool. Nous avons opéré sur les deux échantillons d'alcool de Kahlbaum à 99,8 p. %, (n° 7 à 8 ci-dessus) en y ajoutant la moitié de leur volume d'eau distillée très pure; si l'on considère cette dernière comme absolument transparente comparativement à l'alcool, et s'il ne se produit aucune réaction chimique pendant la dissolution, le mélange de deux volumes d'alcool avec un volume d'eau devrait avoir une transparence égale à celle de l'alcool multipliée par  $\frac{1}{2}$ . L'expérience ne confirme guère cette hypothèse; comme on peut le voir dans le tableau B' qui suit, la transparence de l'alcool dilué est effectivement plus grande que celle de l'alcool pur; mais elle est inférieure à la transparence calculée pour les raies de 22 à 26 ou 27, et supérieure pour les raies encore plus réfrangibles. L'action complète de la dissolution ne paraît pas d'ailleurs

TABLEAU B. — Alcool éthylique.

RAIES	No 1.	No 2.	No 3.	No 4.	No 5.	No 6.	No 7.	No 8.
	Alcools rectifiés du commerce.			Pur <i>Kahlb.</i>	N° 4 rectifié.	Pur, à 96 % <i>Kahlb.</i>	Absoûl., à 99,8 % <i>Kahlb.</i>	
20	Dépassé 100 mm	100,0 ? mm	Dépassé 100 mm	Dépassé 100 mm	Dépassé 100 mm	Dépassé 100 mm	Dépassé 105 mm	37,45 mm
22	55,4	64,55	50,3	73,75	78,25	72,9	36,0	24,45
24	33,35	36,4	32,4	52,55	46,3	53,05	22,32	24,8
25	26,35	23,2	23,2	46,25	48,8	48,4	19,35	20,05
26	23,75	24,32	20,0	24,25	33,2	40,85	19,8	21,55
27	16,4	16,8	17,3	18,85	23,1	34,2	17,7	20,2
28	12,75	11,3	12,8	7,7?	11,45	18,6	16,7	18,05
29	7,17	7,5	7,1	—	—	4,3	12,2	11,75
30	—	—	—	—	—	0,5	2,85	1,6
31	—	—	—	—	—	—	—	—

N. B. — Les deux chiffres marqués d'un ? sont probablement un peu trop faibles. — Les mesures prises sur les raies de l'Aluminium, 30 et 31, présentent toujours une assez grande incertitude.

se produire immédiatement; il se manifeste des changements avec le temps, en particulier le minimum correspondant à la raie 25, qui s'accroît au moment du mélange, s'atténue peu à peu, sans disparaître entièrement.

Ces mélanges d'alcool absolu et d'eau sont beaucoup moins transparents que l'alcool pur à 96 %, (n° 6) sauf pour les raies extrêmes 29 et 30.

TABLEAU B'. — Alcool éthylique étendu de la moitié de son volume d'eau.

RAIES	No 7.		No 8.			
	Calculé.	Observé immédia- tement après le mélange.	Calculé.	Observé		
				Immédia- tement après le mélange.	5 jours après le mélange.	88 jours après le mélange.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
22	54,0	40,0	56,17	44,15	43,33	49,0
24	33,48	27,1	37,2	32,2	35,9	38,2
25	29,02	22,2	30,07	24,82	30,43	34,2
26	29,7	25,1	32,32	30,0	33,93	36,0
27	26,55	25,0	30,3	31,3	32,8	31,3
28	25,06	29,8	27,07	35,0	31,8	28,7
29	18,3	20,95	17,62	25,2	24,9	23,9
30	4,27	4,7	2,4	—	12,65	—

*Alcool propylique.*  $\text{CH}^3\text{-CH}^2\text{-CH}^2\text{-OH}$ . — L'alcool propylique nous a donné des résultats très divergents suivant les échantillons. MM. Hartley et Huntington ont indiqué que ce produit, sous une épaisseur de 19 mm., intercepte les raies plus réfrangibles que 20. Un des échantillons que nous avons examinés, et qui provenait de la fabrique Kahlbaum, présentait, sous la même épaisseur, une transparence notablement plus grande: car il

laissait facilement apercevoir la raie 26. Mais ce liquide, abandonné à lui-même, s'est un peu modifié et a perdu de sa transparence. Sa rectification, loin de le ramener à l'état primitif a diminué considérablement sa faculté de transmission, et fait apparaître une bande d'absorption sur les raies 24 et 25.

Un échantillon préparé par Isidore Pierre et Puchot, et qui avait sans doute subi plusieurs rectifications, s'est comporté d'une manière analogue à l'alcool de Kahlbaum rectifié; la bande d'absorption est manifeste.

L'alcool propylique doit donc être considéré comme un corps très instable; c'est ce que montreront encore mieux les résultats numériques consignés dans le tableau C et, en partie, dans les courbes de la Planche III.

N° 1. Alcool propylique de Kahlbaum, examiné le 19 août 1879, (P. d'Eb. à  $97^{\circ},1$  sous 760 mm.). La transparence est grande; la courbe présente une inflexion peu prononcée.

N° 2. Même produit, examiné le 8 septembre; moins transparent sauf pour les trois dernières raies; l'inflexion de la courbe s'accroît entre 25 et 26.

N° 3. Même produit rectifié (7 novembre). La transparence a beaucoup diminué de 22 à 26; une bande d'absorption s'accroît sur 24 et 25. (Nous ne mentionnons pas d'autres séries d'observations sur ce produit rectifié: la transparence s'est de plus en plus affaiblie).

N° 4. Une nouvelle portion du liquide n° 2 a été soumise à une rectification dans laquelle on a séparé en deux parts le liquide distillé. Les premières portions qui ont passé sont désignées par le n° 4. La transparence est encore plus faible que dans le n° 3, et la bande d'absorption plus accentuée sur 25.

N° 5. Dernières portions ayant passé à la distillation. La transparence est un peu meilleure.

N° 6. Alcool propylique préparé par Isidore Pierre et Puchot, très peu odorant, examiné le 6 septembre 1879. La transparence est très faible de 22 à 26, comparativement au n° 1; mais elle est un peu supérieure pour les trois raies extrêmes. La bande d'absorption a son centre près de 24.

N° 7. Même produit examiné à nouveau le 17 décembre. La transparence paraît avoir diminué de 20 à 25, et un peu augmenté de 27 à 29.

N° 8. Même produit, conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné à nouveau le 3 août 1888. Le liquide est très clair, sa transparence est devenue notablement plus grande pour la raie 20. Le changement est peu considérable dans le reste du spectre : la bande d'absorption et le maximum qui la suit, sont un peu moins accusés que précédemment ; la raie 29 est visible sous une plus grande épaisseur.

N° 9. Alcool propylique de Kahlbaum, nouvel échantillon, reçu et examiné le 24 mai 1880. Notablement moins bon que le n° 1, sauf pour les trois dernières raies. La bande d'absorption est sensible.

(Voir le tableau C ci-derrière.)

De même que pour l'alcool éthylique, nous avons recherché si la diminution de transparence que l'alcool propylique subit à la suite de rectifications, provient de la simple dessiccation et si, en rajoutant de l'eau, on pourrait ramener le produit à sa transparence primitive. Nous n'avons pas trouvé qu'il en fût ainsi.

En effet, nous avons pris de l'alcool rectifié, de Kahlbaum ; nous en avons mesuré l'absorption, puis nous y avons ajouté successivement des quantités croissantes d'eau, et nous avons chaque fois répété les mesures. Les chiffres, qui sont consignés dans le tableau C', se rapportent à des mélanges contenant, en volumes : 2 % ; 4,8 % ; 9,8 % et 25 % d'eau. Ils montrent que l'action de la rectification n'a pas disparu, et même, dans plusieurs cas, que la transparence absolue a encore diminué. Or, si l'eau, qui est extrêmement transparente, ne jouait qu'un rôle de dilution, sans action chimique, elle devrait diminuer l'absorption à épaisseur égale : on ne voit pas que ce soit là l'effet produit généralement.

TABLEAU C. — Alcool propylique.

HAIES	N <sup>o</sup> 1. <i>Kalb.</i>	N <sup>o</sup> 2. <i>Kalb.</i>	N <sup>o</sup> 3. N <sup>o</sup> 3 rectifié.	N <sup>o</sup> 4. N <sup>o</sup> 3 rectifié. 1 <sup>re</sup> portion.	N <sup>o</sup> 5. 2 <sup>de</sup> portion.	N <sup>o</sup> 6. <i>P.</i> et <i>P.</i>	N <sup>o</sup> 7. <i>P.</i> et <i>P.</i>	N <sup>o</sup> 8. <i>P.</i> et <i>P.</i>	N <sup>o</sup> 9. <i>Kalb.</i>
18	Dépassé 100 mm	Dépassé 71 mm	Dépassé 108 mm	Dépassé 68 mm	Dépassé 55 mm	63,55 mm	55,35 mm	80,2 mm	Dépassé 90 mm
20	89,1	51,77	16,22	50,1	17,17	40,85	9,35	40,35	27,5
22	43,55	35,57	12,8	12,1	15,55	9,7	8,85	8,8	23,5
24	30,0	24,0	42,37	40,45	13,98	40,45	7,3	8,35	17,87
25	24,15	22,65	13,45	14,2	15,1	12,9	12,37	11,65	19,1
26	10,7	10,7	9,27	9,7	8,82	40,95	12,45	41,0	12,05
27	5,2	6,25	7,4	5,5	6,47	10,45	41,4	6,1	10,15
28	1,52	1,52	2,62	2,4	2,42	3,4	4,7		5,05
29									

Nous devons ajouter que ces chiffres ne nous inspirent pas une entière confiance ; il semble que l'action de l'eau ne soit pas immédiate. De plus l'oxygène dissous dans l'eau ou fourni par l'air pendant la manipulation, peut avoir exercé une influence notable.

TABLÉAU C'. — Alcool propylique étendu, contenant, en volume, les proportions d'eau suivantes.

RAIES	Absolu.	2 %	4,8 %	9,8 %	25 %
22	15,0	14,0	14,8	13,8	16,0
24	12,8	11,5 (?)	15,7 (?)	13,7	16,2
25	12,0	11,0	13,6	13,0	12,2
26	14,5	13,6	14,0	13,1	13,1
27	8,8	8,5	10,6	9,3	10,7
28	6,1	6,1	7,3	10,0 (?)	6,3
29	2,25	2,1	3,1	2,3	2,3

*Alcool isopropylique*  $\left( \begin{smallmatrix} \text{CH}^{\text{H}} \\ \text{CH}^{\text{H}} \end{smallmatrix} > \text{CH}-\text{OH} \right)$ . — Nous n'avons étudié qu'un seul échantillon d'alcool isopropylique : il provenait de la fabrique Kablbaum. Nous l'avons trouvé très absorbant pour tout le spectre ultra-violet à partir de la raie 12. Il nous paraît probable que cette grande opacité provient d'impuretés ; en effet, ce ne sont pas seulement les alcools « normaux » qui sont doués d'une grande transparence ; nous verrons tout à l'heure que l'alcool isobutylique se comporte d'une manière analogue à l'alcool éthylique et à l'alcool propylique normal. Le spectre que nous avons obtenu présente du reste assez de rapport avec ceux d'autres alcools impurs.

Nous avons aussi examiné un mélange de 95 %, en volume d'alcool éthylique et de 5 %, d'alcool isopropy-



lique, afin de mieux juger des détails de la courbe qui sont difficilement appréciables avec ce dernier alcool non dilué. On trouve ainsi des inflexions coïncidant par leur position avec celles de l'alcool propylique ou d'autres produits.

Les résultats sont consignés dans le tableau D et dans les courbes de la Planche III.

N° 1. Alcool isopropylique absolu de Kahlbaum, examiné le 2 décembre 1879.

N° 2. Même produit conservé dans un flacon bouché au liège, examiné le 28 juillet 1888. La transparence s'est légèrement améliorée.

N° 3. Mélange de 95 % d'alcool éthylique avec 5 % de l'alcool propylique n° 1.

TABLEAU D. — Alcool isopropylique.

RAIES	N° 1. Kahlb.	N° 2. N° 1 conservé.	N° 3. N° 1 très dilué.
10	Dépasse <sup>mm</sup> 78		—
Zn $\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 334 \\ \lambda = 330 \end{array} \right\}$	—	Dépasse <sup>mm</sup> 70	—
12	24,0	39,65	Dépasse <sup>mm</sup> 71
Mg ( $\lambda = 309$ )	—	7,3	—
14	2,15	3,4	70,0
Mg ( $\lambda = 293$ )	—	4,1	—
16	—	1,3	35,75
17	1,2	2,05	23,15
18	1,0	1,0	16,07
20	0,24	0,35	6,7
22	0,16	0,22	4,5
24	0,13	0,26	5,02
25	0,17	0,35	5,0
26	0,27	0,63	6,85
27	0,15	0,5	4,2
28	0,15	0,35	4,5
29	0,05	0,3	2,2

*Alcool isobutylique*  $\left(\frac{\text{CH}'}{\text{CH}} > \text{CH}-\text{CH}'-\text{OH}\right)$ . — Nous avons examiné plusieurs échantillons d'alcool isobutylique qui ont donné des résultats fort différents les uns des autres. La transparence des meilleurs d'entre eux se rapproche de celle que nous avons obtenue pour l'alcool propylique; les variations d'un même échantillon, observé à différentes époques, sont moins considérables.

Les résultats numériques sont consignés dans le tableau E ci-derrière et dans les courbes de la Planche IV.

N° 1. Alcool isobutylique ordinaire de Kahlbaum, d'ancienne provenance (reçu en 1873, examiné le 9 décembre 1879). La transparence diminue rapidement à partir de la raie 20, elle présente un minimum sur la raie 25, puis un maximum sur 26. Le même produit, examiné de nouveau en mai 1880, a donné des chiffres identiques et que, par suite, il nous a paru inutile d'inscrire dans le tableau.

N° 2. Alcool isobutylique pur de Kahlbaum, reçu en 1879. Beaucoup plus transparent que le n° 1 pour les raies 20 à 26; moins transparent pour l'extrémité du spectre; pas de bande d'absorption.

N° 3. Même produit desséché et rectifié (le point d'ébullition n'est pas constant et varie de 102° à 106°, le baromètre étant à 730°). La transparence a diminué de 22 à 26 inclusivement, sans cependant aller jusqu'à produire une bande d'absorption.

N° 4. Nouvel échantillon de Kahlbaum, examiné le 9 décembre 1879. Ne s'éloigne pas beaucoup du n° 2, est cependant notablement plus transparent de 27 à 29.

N° 5. Même produit rectifié. La transparence est améliorée pour 20 et 22, légèrement diminuée pour 24 et peu modifiée pour le reste du spectre.

N° 6. Le produit n° 4 ci-dessus, conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné de nouveau le 30 juillet 1888, a sensiblement augmenté de transparence pendant ce laps de temps.

N° 7. Alcool isobutylique d'Isidore Pierre et Puchot. (P. d'éb. à 107°·9, à 760<sup>mm</sup>), examiné le 9 décembre 1879. Sans doute à la suite de plusieurs rectifications, la transparence de ce produit

TABLEAU E. — Alcool isobutylique.

RAIES	N° 1. Ordinaire Kahlb.	N° 2. Pur Kahlb.	N° 3. N° 3 rectifié.	N° 4. Pur Kahlb.	N° 5. N° 4 rectifié.	N° 6. N° 5 conservé.	N° 7. P. et P.	N° 8. N° 7 conservé.
18	mm (106,0)	mm 72,0	mm Dépasse 74	mm 82,7	mm Dépasse 82	mm Dépasse 83	mm 96,45	mm (108,4)
20	42,6	48,97	41,0	73,0	52,4	63,77	24,15	20,02
22	41,95	32,43	32,9	44,4	34,8	44,5	6,85	6,93
24	40,7	21,92	20,4	36,7	20,0	34,22	6,35	6,48
25	12,95	16,3	14,3	20,5	16,5	21,12	8,95	6,93
26	8,3	6,6	6,5	14,1	10,2	11,9	6,75	8,3
27	7,65	3,7	3,2	9,0	8,4	9,0	6,9	8,17
28	3,65	2,67	2,1	3,0	5,15	3,05	5,87	10,85
29								6,35

est beaucoup plus faible que celle de tous les produits précédents, sauf pour l'extrémité du spectre. On remarque une bande d'absorption analogue à celle du n° 1, le minimum de transparence coïncide avec 25, et le maximum suivant avec 26. Il y a une grande similitude entre la courbe de ce produit et celle de l'alcool propylique N° 6 (*P. & P.*) comme on le voit dans la Planche IV (courbe pointillée).

N° 8. Même produit, conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné à nouveau le 3 août 1888. La principale modification qui s'est produite consiste en ce que le maximum de transparence, qui coïncidait avec la raie 26, s'est transporté sur la raie 28, laquelle est devenue la plus visible à partir de 22.

*Alcool amylique* ( $C^4H^{11}—OH$ ). — Les échantillons d'alcool amylique que nous avons étudiés sont beaucoup moins transparents que les précédents alcools. La forme compliquée des courbes semble indiquer la présence d'impuretés dont l'effet masque complètement les propriétés de l'alcool lui-même. On sait d'ailleurs que cet alcool n'est jamais pur et bien défini.

Les résultats sont consignés dans le tableau F et en partie dans les courbes de la Planche IV.

N° 1. Alcool amylique de Kahlbaum (odeur assez âcre). La transparence diminue brusquement à partir de la raie 12; elle atteint un minimum sur 17, puis il se manifeste une reprise sensible, particulièrement sur la raie 22, à partir de laquelle l'opacité redevient très grande <sup>1</sup>.

N° 2. Même produit desséché et rectifié. *P. d'é.* 127°,5 à 128°,3 sous 732<sup>mm</sup>. L'absorption est en général un peu moins forte, mais la différence n'est pas grande.

N° 3. Alcool amylique d'Isidore Pierre et Puchot, examiné le 21 août 1879. L'odeur est beaucoup plus faible et plus agré-

<sup>1</sup> La courbe de cet alcool présente un très grand rapport avec celle que donnerait l'acétone non rectifiée diluée dans l'alcool éthylique dans la proportion de 1,25 %.

ble que celle des produits précédents et l'absorption est notablement moins forte; toutefois, le maximum de transparence sur 22 est moins prononcé. On remarque encore deux faibles bandes d'absorption sur 20 et sur 17. De nouvelles mesures prises deux mois plus tard ont confirmé ces résultats.

N° 4. Même produit conservé dans un flacon bouché à l'émeri, examiné le 4 août 1888. Les résultats sont presque identiques de 20 à 29, mais la transparence a un peu diminué dans la partie la moins réfrangible du spectre; le minimum sur 17 est plus accusé. Avec le spectre du fer, on constate une bande d'absorption bien positive s'étendant de 20 jusqu'à mi-distance entre 20 et 22. (Le produit n° 3 n'avait pas été examiné à la lumière du fer.)

TABLEAU F. — Alcool amylique.

RAIES	N° 1. <i>Kahlb.</i>	N° 2. N° 1 rectifié.	N° 3. <i>P. et P.</i>	N° 4. N° 3 conservé.
10	mm Dépasse 107	mm Dépasse 97	mm 100,0	—
11	—	—	—	mm Dépasse 100
Zn $\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 334 \\ \lambda = 330 \end{array} \right\}$	—	—	—	—
12	5,5	9,55	47,85	35,4
Mg ( $\lambda = 309$ )	—	—	—	12,5
14	1,7	3,02	9,4	5,7
Mg ( $\lambda = 293$ )	—	—	—	10,35
16	1,1	—	—	3,0
17	0,4	0,95	3,72	2,15
18	0,7	0,7	3,87	3,2
20	0,85	0,65	2,0	2,05
22	3,82	4,4	2,62	2,45
24	2,47	3,86	1,0	1,01
25	1,12	1,87	0,8	0,77
26	0,62	1,07	0,65	0,65
27	0,17	0,35	0,45	0,4
28	0,17	0,03	0,27	0,35
29	0,05	0,01	0,15	0,15

Nous pouvons résumer de la manière suivante les résultats de l'étude des alcools que nous venons de relater :

*Les divers alcools présentent en général une grande transparence. Il est probable que les échantillons qui font exception contiennent des impuretés. La rectification et surtout la dessiccation complète amènent une décomposition ou une oxydation des alcools qui diminue souvent leur transparence. Il est à peu près certain que les alcools étudiés n'étaient pas d'une pureté absolue et par conséquent que la limite de leur transparence pourrait être encore reculée. Il serait prématuré d'affirmer qu'il y a une différence déterminée de transparence entre les divers alcools supposés complètement purs.*

La mesure de l'absorption des rayons ultra-violet est évidemment un moyen très délicat pour apprécier la pureté des alcools.

#### PRODUITS D'OXYDATION DES ALCOOLS.

Nous passons maintenant à l'examen de quelques produits d'oxydation des alcools dont la présence altère fréquemment la pureté d'autres préparations et qui jouent un rôle important par l'énergie de leur pouvoir absorbant<sup>1</sup>.

##### *Aldéhyde.*

Il suffit de soumettre l'alcool à une action oxydante, par exemple à celle du bichromate de potasse, pour lui

<sup>1</sup> Nous ne parlerons pas ici des acides gras qui seront étudiés dans un autre chapitre.

faire beaucoup perdre de sa transparence. En effet l'aldéhyde qui se forme dans ces circonstances est très opaque.

L'aldéhyde absolue<sup>1</sup> intercepte presque complètement les rayons ultra-violetés à partir de la raie 10 jusqu'à l'extrémité du spectre. L'absorption est particulièrement énergique de 12 à 17; il y a ensuite une petite reprise de la transparence avec un maximum sur la raie 24.

L'étude de ce corps est d'ailleurs difficile à cause de sa grande volatilité. Lorsqu'on l'examine sans le diluer, il est si opaque que l'on ne peut guère juger des variations d'une raie à l'autre; si on le dissout, l'évaporation rapide de l'aldéhyde modifie la concentration à chaque instant.

Le tableau G placé plus bas donne les résultats que nous avons obtenus sur les deux produits suivants :

1. Aldéhyde (Acétaldéhyde :  $\text{CH}_3\text{-CO-H}$ ), provenant de la fabrique Kahlbaum, présentant une réaction acide prononcée.

2. Même produit rectifié sur du carbonate de potasse; l'opacité du produit n'a pas beaucoup diminué; cependant le maximum de transparence sur 24 est plus prononcé. La courbe de ce produit est donnée Pl. V.

Nous consignons en outre dans le tableau G' et dans la Planche V les résultats obtenus sur le produit suivant :

Alcool éthylique additionné de 1 p. % d'aldéhyde (produit n° 2). L'augmentation de transparence n'est pas proportionnelle au degré de dilution; il doit se produire une action chimique pendant la dissolution. La bande d'absorption sur la raie 16 est très prononcée; le maximum de transparence s'est porté sur 22,

<sup>1</sup> Nous employerons le terme « absolu » d'une manière générale pour désigner des produits non dilués, bien que l'usage en soit habituellement restreint à l'alcool et aux éthers. Le terme « pur, » avec son double sens, donnerait facilement lieu à des confusions.

mais il est très possible que ce déplacement provienne de l'évaporation rapide de l'aldéhyde, la raie 22 ayant été observée après la raie 24. Le liquide ne présentait aucune stabilité, et une seconde série de mesures prises immédiatement après celle qui est inscrite dans le tableau a donné des chiffres assez différents et généralement plus forts.

### *Kétones.*

Nous avons étudié plusieurs kétones à l'état absolu, provenant de la fabrique Kahlbaum. Elles sont toutes très absorbantes et présentent entre elles une grande similitude. Les résultats sont consignés dans le tableau G ci-derrière (contenant déjà les chiffres relatifs à l'aldéhyde) et sur les courbes de la Planche VI qui est à une échelle *10 fois plus grande* que les précédentes. Les produits examinés sont :

1. *Acétone* (Diméthylkétone) rectifiée,  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ , très absorbante à partir de la raie 12 jusqu'à l'extrémité du spectre, avec une petite reprise de la transparence sur 22 et 24; il y a un minimum très prononcé de 17 à 20. — P. d'éb. 55 à 56°, sous 723<sup>mm</sup>.

2. Même acétone rectifiée au bisulfite de soude. Ce produit est toujours très opaque entre 14 et 20, quoique un peu moins que l'acétone n° 1; le minimum de transparence tombe sur 17; l'absorption est notablement moins énergique à partir de 22; il y a un maximum de transparence très prononcé sur 26, et un second maximum beaucoup moins net sur 28<sup>1</sup>.

3. *Méthyléthylkétone* ( $\text{CH}_3\text{-CO-C}^2\text{H}_5$ ). L'absorption est très considérable à partir de la raie 12. Le minimum de transparence tombe toujours sur la raie 17, et il y a sur la raie 26 un maximum bien marqué, quoique moins prononcé qu'avec le n° 2.

4. *Méthylpropylkétone* ( $\text{CH}_3\text{-CO-C}^2\text{H}_7$ ). L'absorption est du même ordre que celle de la méthyléthylkétone jusqu'à la raie 22, le maximum de transparence tombant toujours sur 17; mais à partir de

<sup>1</sup> Un coup d'œil jeté sur les courbes des alcools montre qu'on y retrouve souvent des maximums ou des inflexions dans les mêmes positions.



TABLEAU G. — Aldéhyde et Cétones absolues.

HALES	Aldéhyde (acide).	Aldéhyde (rectifié).	Acétone (Diméthylcéton)	Méthyléthyl- céton.	Méthylpropyl- céton.	Méthyléthyl- céton.	Propione (Diméthylcéton).
9	Dépassé 77 mm	46,95 mm	Dépassé 67 mm	Dépassé 80 mm	— mm	— mm	Dépassé 52 mm
10	49,3	—	—	—	—	—	—
41	—	—	—	—	—	—	—
334	—	—	—	—	—	—	—
Zn $\lambda = 330$	—	—	—	—	—	—	—
12	0,2	—	5,62	6,05	57,35	51,45	8,03
14	—	—	—	—	12,7	13,80	—
Mg ( $\lambda = 309$ )	—	—	—	—	4,32	—	—
14	Invisible.	—	0,1	0,37	0,4	0,25	0,45
Mg ( $\lambda = 293$ )	—	Invisible.	—	—	—	—	—
16	Invisible.	—	—	—	0,16	0,07	0,14
17	0,06	0,05	0,02	0,2	—	—	0,02
18	0,17	0,12	0,05	0,23	0,03	0,08	0,15
20	0,17	0,2	0,02	0,15	0,17	0,23	0,15
22	1,97	2,85	0,98	1,15	1,26	2,10	0,02
24	2,35	4,6	1,12	2,35	0,76	2,42	—
25	1,25	2,8	0,15	4,9	0,21	2,83	—
26	1,15	2,0	0,05	10,22	0,14	3,10	—
27	0,6	0,87	—	5,85	0,06	2,05	—
28	0,47	0,5	—	6,07	0,02	1,25	—
29	0,22	0,2	—	1,07	Invisible.	0,4	—

22, l'absorption augmente de nouveau d'une manière continue; on n'observe donc pas de maximum sur 26, ce qui peut provenir d'impuretés.

5. *Méthylhéxylkétone* ( $\text{CH}^3\text{-CO-C}^6\text{H}^{13}$ ). Ce produit se comporte d'une manière très analogue à la méthyléthylkétone; il est toutefois un peu moins transparent; le minimum tombe sur 17 et le maximum sur 26.

6. Propione, *Diéthylkétone* ( $\text{C}^2\text{H}^5\text{-CO-C}^2\text{H}^5$ ). Parait plus absorbant que les précédents produits; il y a toujours minimum de transparence sur 17, mais le maximum suivant est peu prononcé et l'absorption très forte à partir de la raie 25. Il est probable que cette grande opacité est due à des impuretés.

Nous avons ensuite étudié les mêmes cétones à l'état de solution; les résultats, dont l'importance n'est que secondaire, sont consignés dans le tableau G' et se rapportent aux produits suivants :

1. L'acétone rectifiée (n° 1) en dissolution aqueuse dans la proportion de 40 gr. dans un litre. Il doit s'être produit une réaction chimique pendant la dissolution car, au moins de 12 à 20, l'augmentation de transparence est plus grande que celle du degré de dilution. Le minimum de transparence entre 17 et 20, et le maximum entre 22 et 24 sont toujours très prononcés.

2. La méthyléthylkétone en solution aqueuse dans la proportion de 72 grammes (soit un poids moléculaire) dans un litre. La transparence est loin d'être restée proportionnelle au degré de dilution. Le minimum et le maximum de transparence ne sont pas déplacés.

4. La méthylpropylkétone dissoute dans de l'alcool aqueux dans la proportion de 34,4 gr. dans 1 litre; c'est-à-dire au même titre et dans les mêmes conditions qu'une dissolution de propione déjà effectuée (voir n° 5 ci-dessous). Le minimum et le maximum de transparence n'ont pas changé par la dissolution; mais il n'y a pas proportionnalité entre l'absorption et la concentration.

4. La méthylhéxylkétone en solution alcoolique dans la proportion de 128 gr. (1 poids moléculaire) dans 1 litre, donne des résultats analogues.

5. La propione dans la proportion de 34,4 gr. dans 1 litre. Lorsqu'on a préparé cette solution, on avait d'abord voulu l'effectuer dans l'eau dans la proportion d'un poids moléculaire, soit 86 gr.

dans un litre; mais la dissolution ne se faisant pas, on a rajouté de l'alcool; le dissolvant est donc de l'alcool très aqueux (1 vol. d'eau et 1  $\frac{1}{4}$  vol. d'alcool).

TABLEAU G'. — Aldéhyde et Cétones diluées.

RAIES	Solution alcoolique d'aldéhyde à 1 %.	Solution aqueuse d'acétone (40 gr. dans 1 litre).	Solution aqueuse d'éthylmethyl-céto (75 gr. dans 1 litre).	Solution alcoolique aqueuse de méthylpropyl-céto (86 gr. dans 1 litre).	Solution alcoolique de méthyléthyl-céto (125 gr. dans 1 litre).	Solution alcoolique aqueuse de propione (86 gr. dans 1 litre).
10	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—
$\lambda = 334$	—	—	—	—	—	—
$\frac{1}{2}m \left\{ \begin{array}{l} \lambda = 330 \\ \lambda = 330 \end{array} \right.$	—	—	—	—	—	—
12	Dépose 80 mm	Dépose 70 mm	Dépose 80 mm	Dépose 60 mm	Dépose 64 mm	Dépose 60 mm
$Mg (\lambda = 309)$	—	—	—	—	—	—
14	22,0	5,35	30,0	28,4	4,1	21,6
$Mg (\lambda = 293)$	—	—	—	—	—	—
16	13,6	—	3,7	8,0	2,25	4,7
17	33,9	2,25	4,16	3,9	—	—
18	47,8	2,2	4,41	5,12	1,12	2,38
20	50,5	4,9	1,25	5,8	1,87	2,75
22	59,0	13,2	7,8	14,4	2,0	2,7
24	39,5	4,8	14,17	11,85	10,3	1,0
25	25,2	5,7	22,37	6,69	13,1	0,34
26	23,0	4,3	29,2	6,14	13,02	0,32
27	14,3	1,2	20,6	3,6	7,9	0,2
28	11,1	0,7	15,8	3,0	5,1	0,2
29	11,1	0,3	6,0	2,25	3,0	0,1

En résumé, les cinq cétones étudiées sont toutes très absorbantes; elles présentent toutes un minimum de transparence sur la raie 17. Pour trois d'entre elles, on

observe un maximum sur 26; pour les deux kétones qui ne présentent pas ce maximum, l'absorption est très forte à l'extrémité du spectre et l'on peut soupçonner que cela tient à une impureté; nous avons vu en effet qu'avec l'acétone une rectification au bisulfite de soude augmente très notablement la transparence pour les raies extrêmes.

L'analogie des propriétés d'absorption de ces substances appartenant à une même série homologue semble donc bien constatée; elle est remarquable en particulier entre la méthyléthyl— et la méthylhexylkéto-  
ne qui sont très éloignées l'une de l'autre dans la série.

L'analogie s'étend aussi à l'aldéhyde dont la courbe est peu différente de celle des kétones. Il n'y a rien là qui puisse beaucoup surprendre, car la constitution des kétones rappelle le type des aldéhydes. Si l'on part de la

formaldéhyde ..... 
$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$$
  
on passe, en remplaçant un H par un

$\text{CH}^3$ , à l'acétaldéhyde. .... 
$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}^3-\text{C}-\text{H} \end{array}$$
  
Si l'on remplace le second H par  $\text{CH}^3$

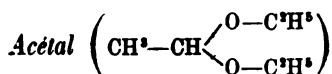
on arrive à l'acétone. .... 
$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}^3-\text{C}-\text{CH}^3 \end{array}$$
  
etc.

On remarquera que ces corps très absorbants pour l'ultra-violet, contiennent tous le groupe carbonyle CO qui sert de trait d'union entre les groupes hydrocarbonés extrêmes. Si l'on remplace ce groupe CO par O, on obtient des corps d'une grande transparence; tels que

$\text{H}-\text{O}-\text{H}$  Eau.  
 $\text{C}^3\text{H}^7-\text{O}-\text{H}$  Alcool éthylique.  
 $\text{C}^3\text{H}^7-\text{O}-\text{C}^3\text{H}^7$  Éther éthylique. (Voy. plus bas.)

*Il est donc très probable que c'est au groupe CO qu'est due l'absorption énergique de l'aldéhyde et des cétones.*

On sait que pour la partie visible du spectre, il se produit des faits du même genre. Dans plusieurs séries de corps comprenant des matières colorantes on reconnaît que ce sont les composés contenant de ces groupes *chromophores* qui présentent des propriétés d'absorption ou, ce qui revient au même, de coloration <sup>1</sup>.



L'acétal, provenant de la fabrique Kahlbaum, présente relativement une assez grande transparence; elle ne s'étend pas cependant aux raies extrêmes du spectre qui sont énergiquement absorbées à partir de 27. On n'observe pas de bande d'absorption. Les résultats numériques sont consignés dans le tableau H, et la courbe est donnée dans la Planche V.

On a ici l'exemple d'un composé assez complexe, puisque sa molécule est formée de 20 atomes, et qui est doué d'une transparence considérable, tandis que l'aldéhyde, dont la composition est très simple, C<sup>a</sup>H<sup>a</sup>O, est très absorbante. On reconnaît ainsi nettement que le mode de groupement des atomes a plus d'importance que leur nombre. On remarquera que le groupe carbonyle, CO, n'entre pas dans l'acétal. Plusieurs chimistes d'ailleurs rapprochent ce corps de l'éther éthylique, qui est très transparent, comme nous allons le voir.

<sup>1</sup> Voyez sur ce sujet le beau travail que M. le prof. Græbe a récemment publié sur le Jaune indien. — *Archives*, déc. 1889, t. XXII, p. 497.

## ÉTHERS SIMPLES.

*Éther éthylique* ( $C^*H^*—O—C^*H^*$ ). — L'éther ordinaire est d'une étude difficile à cause de sa grande volatilité qui oblige à opérer avec quelque précaution. Lorsqu'il a été purifié par distillation sur du sodium, il présente une très grande transparence; après l'eau distillée, c'est parmi les corps examinés celui qui intercepte le moins les rayons ultra-violet extrêmes. Il peut être considéré comme appartenant à la série homologue dont le premier terme est l'eau, et dont les alcools font aussi partie, l'éther éthylique dérivant de l'eau par substitution de deux  $C^*H^*$  à deux H, tandis que, dans l'alcool éthylique, un seul H de l'eau est remplacé par un  $C^*H^*$ . Nous avons vu plus haut que les alcools présentent aussi une grande transparence qui serait donc un caractère général de cette série homologue.

Cette propriété de l'éther purifié par distillation sur du sodium permettra d'utiliser ce liquide comme dissolvant pour l'étude de la transparence d'autres substances.

L'éther, tel qu'on le rencontre ordinairement dans le commerce, est très inférieur au produit rectifié sur le sodium.

Les résultats que nous avons obtenus, et qui sont consignés dans le tableau H et dans la planche V, portent sur les produits suivants :

1. Éther éthylique pur, distillé sur le sodium, provenant de la fabrique Kahlbaum. On remarquera un maximum peu prononcé sur la raie 26; nous sommes disposés à l'attribuer à quelque trace d'impuretés (acétone?). Cette inflexion contribue à rendre les mesures difficiles.

Un second examen de ce produit effectué trois mois plus tard

ARCHIVES, t. XXIII. — Janvier 1890.

3

a donné des résultats identiques dans la limite des erreurs d'observation. On n'a donc pas à craindre une altération rapide de cet éther.

2. Éther du commerce (pharmacie); la transparence est très inférieure à celle du produit précédent. Il y a également une inflexion entre 25 et 26.

3. Autre échantillon d'éther du commerce. en solution alcoolique dans la proportion de 1 volume d'éther pour 24 volumes d'alcool (alcool rectifié du commerce, n° 2 du tableau B). L'inflexion sur 25 et 26 est moins sensible.

TABLEAU H.

RAIES	Acétal.	Éther éthylique.		
		N° 1 distillé sur Na.	N° 2 ordinaire.	N° 3 solution alcoolique.
Zn (double)	—	—	à 61 très brillante.	—
Mg ( $\lambda = 309$ )	—	—	Id. très pale.	—
Mg ( $\lambda = 298$ )	—	—	Dépasse 61	—
17	Dépasse 90	—	42,8	—
18	45,35	—	31,0	—
20	29,75	Affaiblie à 100	21,9	—
22	16,45	100,0	6,45	80,0
24	12,73	88,6	3,45	43,0
25	7,8	65,6	1,85	28,1
26	4,3	66,0	1,87	20,4
27	1,1	59,9	0,9	12,3
28	0,9	43,1	0,35	7,0
29	0,25	22,47	0,02	3,3
30	—	2,35	—	—
31	—	1,3	—	—

*Iodures.* — Nous avons étudié une série de iodures des radicaux alcooliques, provenant de la fabrique Kahlbaum. Ces produits s'altèrent et jaunissent sous l'action du temps et de la lumière, altération qui entraîne une modification de transparence : l'absorption devient très appréciable pour les rayons violets et pour le commencement du spectre ultra-violet; elle est moins sensible sur les

raies plus réfrangibles que 10. Il convient donc, avant de prendre les mesures, de redistiller les liquides avec un peu de mercure, ce qui les rend tout à fait incolores.

Les résultats numériques consignés dans le tableau K se rapportent aux produits suivants (la planche VII donne la courbe de l'iodure d'éthyle; pour les autres iodures, on n'a pas tracé de courbe, mais seulement marqué les points correspondant aux observations) :

1. Iodure d'éthyle; liquide un peu jaune.
2. Même produit immédiatement après distillation sur du mercure, tout à fait incolore. Point d'éb.  $68^{\circ}$  à  $71^{\circ}$  sous 735<sup>mm</sup>.
3. Iodure de propyle, incolore; P. d'éb.,  $100^{\circ}$  à  $101^{\circ}$  sous 725<sup>mm</sup>.
4. Iodure d'isobutyle, incolore; P. d'éb.,  $118^{\circ}$  sous 734<sup>mm</sup>.
5. Iodure d'amyle, un peu jaune; P. d'éb.,  $144^{\circ}$  sous 735<sup>mm</sup>.
6. Même produit distillé sur du mercure; P. d'éb.,  $145^{\circ}$  sous 734<sup>mm</sup>.
7. Même produit distillé à nouveau; P. d'éb.,  $143^{\circ},5$  à  $144^{\circ}$  sous 725<sup>mm</sup>.

Tous ces éthers sont très opaques pour les rayons ultra-violetes à partir de la raie 10. Ils présentent entre eux une grande similitude dont on peut juger par le rapprochement des points d'observation avec la courbe de l'iodure d'éthyle; il ne nous est pas possible de dire s'il y a des différences réelles ou si les petites variations observées proviennent de traces d'impuretés'.

(Voir tableau K, ci-derrière.)

' On remarquera les différences d'épaisseur d'extinction correspondant aux 2 raies du zinc  $\lambda = 334$  et  $\lambda = 330$  qui sont cependant très rapprochées.



TABLEAU K. — Éthers simples. Iodures absolus.

RATES	Iodure d'éthyle		Iodure de propyle.	Iodure d'isobutyle.	Iodure d'amyle	
	(jaune).	(incolore).			(jaune).	(incolore).
Mg ( $\lambda = 383$ )	70,37 mm	Dépasse 76 mm	Dépasse 70 mm	Dépasse 80 mm	Dépasse 60 mm	Dépasse 60 mm
9	30,43	58,65	41,35	47,0	22,0	19,6
10	7,25	8,6	2,55	3,95	3,9	3,6
11	1,6	1,62	3,67	4,03	1,15	4,05
Zn { $\lambda = 334$ $\lambda = 330$	2,0	1,75	2,0	2,0	0,35	0,8
12	—	0,80	0,55	0,88	—	4,65
Mg ( $\lambda = 309$ )	0,27	0,25	0,1	0,15	In sensible.	0,15
Mg ( $\lambda = 283$ )	0,03	0,05	In sensible.	0,05	—	In sensible.

Nous avons ensuite repris ces produits et nous les avons étudiés en dissolution assez étendue dans l'alcool, en prenant toujours une quantité d'éther proportionnelle

à son poids moléculaire; ainsi 250<sup>gr</sup> de liquide contenant 1<sup>gr</sup>,56 d'iodure d'éthyle (soit 6,24 dans 1 litre), ou 1<sup>gr</sup>,70 d'iodure de propyle, etc. Les chiffres obtenus sont portés dans le tableau K'; la Planche VIII donne aussi une partie des courbes.

Pour toutes ces solutions, on observe encore une grande similitude dans les résultats; l'absorption devient

TABLEAU K'. — Éthers simples. Iodures en solution alcoolique.

RAIES	Iodure d'éthyle 6 <sup>gr</sup> ,24 dans 1 litre.	Iodure de propyle 6 <sup>gr</sup> ,8 dans 1 litre.	Iodure d'isobutyle 7 <sup>gr</sup> ,36 dans 1 litre.	Iodure d'amyle 7 <sup>gr</sup> ,92 dans 1 litre.
	mm	mm	mm	mm
Mg ( $\lambda = 309$ )	Dépasse 98	98,4	86,0	43,6
Mg ( $\lambda = 293$ )	33,2	25,5	27,0	11,6
Mg ( $\lambda = 279$ )	9,3	6,5	6,5	3,12
17	3,77	3,7	4,25	1,5
18	1,35	1,15	0,92	0,22
20	1,05	1,05	0,8	0,1
22	6,52	4,95	4,02	2,1
24	9,45	8,95	6,7	3,8
25	11,25	10,05	9,92	5,8
26	12,95	13,05	12,85	7,0
27	9,5	9,0	7,4	4,1
28	4,1	4,8	5,0	2,1
29	1,4	1,1	1,0	0,35

énergique à partir de la raie 17, on trouve un minimum de transparence sur la raie 18<sup>1</sup>, puis la transparence reprend sensiblement et atteint un maximum sur 26. L'iodure d'amyle est un peu plus absorbant que les autres, ce qui provient probablement d'une impureté<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> L'épaisseur d'extinction est plus faible pour 20 que pour 18; mais il ne faut pas oublier que la raie 20 est moins intense. En employant le spectre du fer, on reconnaît que le centre de la bande d'absorption tombe bien sur 18.

<sup>2</sup> Les courbes présentent au premier abord une certaine analo-

Une pareille uniformité de transparence dans cette série de substances homologues est certainement très remarquable.

Plusieurs chimistes considèrent la constitution des éthers simples comme semblable à celle des sels haloïdes métalliques, la différence ne résidant suivant eux que dans la substitution d'un radical alcoolique à un atome de métal. Il était donc intéressant de rechercher si, entre ces deux classes de corps, il y a analogie en ce qui concerne les propriétés d'absorption<sup>1</sup>.

On sait que les sels de potassium sont transparents pour les rayons ultra-violets quand l'élément électro-négatif ne les intercepte pas lui-même; tel est le cas pour le chlorure ou le sulfate de potassium. D'autre part, d'après ce que nous avons vu plus haut, les radicaux méthyle, éthyle, etc., sont également transparents pour les rayons ultra-violets. Il semble donc que s'il y a similitude de constitution entre les iodures métalliques et les éthers simples, l'iodure de potassium devrait se comporter de la même manière que les iodures d'éthyle, de propyle, etc., puisque l'absorption ne dépend que de l'élément électro-négatif, l'iode. Ce n'est pas là le résultat que donne l'expérience.

gie avec celles des cétones qui accusent également un maximum sur 26; on pourrait donc être tenté de supposer que c'est à la présence d'une certaine quantité de cétones que les iodures doivent leur opacité. Cette hypothèse tombe devant le fait que les iodures sont beaucoup plus absorbants que les cétones, comme le montre la comparaison des tableaux de ces produits.

<sup>1</sup> M. Miller avait signalé chez les iodures alcalins une bande d'absorption comprise entre les raies 9 et 12 (*Philosophical Transactions*, 1862). Nos observations n'ont pas confirmé ce résultat au moins pour les solutions qui ne se sont pas colorées en jaune.

Le spectre de l'iodure de potassium en dissolution aqueuse ne présente que des analogies très éloignées avec les spectres, presque identiques entre eux, des éthers iodhydriques. La forme générale de la courbe a peut-être quelque rapport, mais la transparence de l'iodure de potassium est plus grande pour les rayons les moins réfrangibles et plus faible pour les rayons les plus réfrangibles ; le minimum et le maximum ne sont pas dans les mêmes positions.

On pouvait se demander si ces différences ne proviennent pas de ce que l'iodure d'éthyle était en dissolution alcoolique et l'iodure de potassium en dissolution aqueuse. Nous avons donc examiné aussi l'iodure de potassium en solution dans l'alcool ; l'on verra que la courbe obtenue dans ce cas ne se rapproche pas davantage de celle de l'iodure d'éthyle.

Nos observations ont porté sur les produits suivants ; les résultats numériques sont consignés dans le tableau L et partiellement dans la planche VIII.

1. Solution concentrée de iodure de potassium (collection du laboratoire Rilliet) ; dans la proportion de 800<sup>gr</sup> environ dans un litre du liquide qui est légèrement jaunâtre. L'absorption est considérable à partir de 17. On observe un affaiblissement de la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet, mais pas de bande d'absorption.

2. Solution de iodure de potassium (Kahlbaum), dans la proportion de 332<sup>gr</sup> dans un litre de dissolution. La transparence de ce produit, très grande jusqu'aux raies 15 et 16, diminue rapidement au delà et devient insensible à partir de la raie 18.

3. Même iodure en solution 50 fois plus étendue, soit dans la proportion de 6<sup>gr</sup>,64 dans un litre (proportion équivalente à 6<sup>gr</sup>,24 de iodure d'éthyle, etc.). La transparence, très grande pour la raie 17, s'abaisse rapidement et devient insensible de 22 à 25 ; elle reprend ensuite légèrement et présente un maximum peu prononcé sur 28. Les différences avec l'iodure d'éthyle sont très mar-

quées : la transparence s'étend plus loin avec l'iodure de potassium qui affaiblit à peine la raie 17 pour laquelle l'épaisseur d'extinction de l'iodure d'éthyle n'atteint pas 4<sup>mm</sup>; le centre de la bande d'absorption est entre 24 et 25 avec l'iodure de potassium, tandis qu'il tombe sur 18 avec l'iodure d'éthyle; la reprise de transparence est plus faible avec l'iodure de potassium, le maximum est sur 28 au lieu de 26.

4. Solution dans la même proportion d'un autre échantillon de iodure de potassium (provenant d'une pharmacie). Les résultats sont presque les mêmes qu'avec le n° 2.

5. Même iodure en solution alcoolique dans les mêmes proportions. Le liquide a passablement jauni lors du mélange et les propriétés d'absorption se sont modifiées. Les rayons violets sont affaiblis et les ultra-violets les moins réfrangibles, jusqu'à 17, sont en grande partie interceptés; on remarque une bande d'absorption sur 15 et 16; c'est là évidemment l'effet de la décomposition partielle du produit, accusée par la coloration. Pour les raies 18 et 20 la transparence est au contraire plus grande que dans la solution aqueuse. Les raies 22 et suivantes sont complètement interceptées, ce qui, très probablement, doit être attribué en grande partie à l'absorption propre de l'alcool qui sert de dissolvant.

6. Avec le temps, le même produit a complètement perdu sa coloration jaune. Il a été conservé pendant plus de six mois dans un flacon bouché à l'émeri, et soumis à un nouvel examen. L'absorption de la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet a complètement disparu en même temps que la coloration et, pour la même cause sans doute, la transparence a augmenté sur 18. L'opacité est toujours à peu près complète à partir de 22. Si l'on considère ces résultats comme ceux qui se rapportent à la dissolution alcoolique de l'iodure de potassium, en d'autres termes, si l'on admet que la décomposition partielle de l'iodure qui s'est manifestée au début n'a, en définitive, pas introduit d'impuretés en proportion sensible, on arrive à conclure que l'absorption de l'iodure d'éthyle diffère plus de celle de l'iodure de potassium quand celui-ci est en dissolution alcoolique que lorsqu'il est en dissolution aqueuse.

7. Même iodure de potassium en solution aqueuse plus étendue (0<sup>sr</sup>,664 dans un litre). Ce produit a donné des résultats concordants avec ceux des solutions n° 2 et 3. La bande d'absorption sur 24 ou 25 subsiste; le maximum de transparence suivant, toujours peu prononcé, tombe sur 27.

8. Iodate de potassium (Kahlbaum) en solution aqueuse dans la

TABLEAU L. — Iodure et Iodate de potassium.

RAIES	IODURE DE POTASSIUM							IODATE DE POTASSIUM
	Solution aqueuse contenant dans 1 litre				Solution alcoolique contenant dans 1 litre			
	800 gr.	332 gr.	6 <sup>re</sup> , 64.	6 <sup>re</sup> , 64.	6 <sup>re</sup> , 64.	6 <sup>re</sup> , 64 (jaune).	6 <sup>re</sup> , 64 (incolore).	
Mg ( $\lambda = 383$ )	—	—	—	—	—	mm 44,8	—	—
9	—	—	—	—	—	8,0	—	—
40	—	—	—	—	—	9,7	—	—
Zn (double)	—	—	—	—	—	18,3	—	—
42	—	—	—	—	—	15,4	—	—
Mg ( $\lambda = 309$ )	mm 89,4	—	—	—	—	7,4	—	—
Mg ( $\lambda = 283$ )	43,0	—	—	—	—	3,5	—	—
Mg ( $\lambda = 279$ )	2,3	—	—	—	—	9,0	—	—
47	Insenible	—	—	—	—	40,22	Dépasse 400	Dépasse 84
48	—	—	—	—	—	37,4	44,75	50,4
20	—	—	—	—	—	5,4	5,0	4,47
22	—	—	—	—	—	Insenible.	0,06	4,75
24	—	—	—	—	—	—	Insenible.	0,77
25	—	—	—	—	—	—	—	0,6
26	—	—	—	—	—	—	—	0,4
27	—	—	—	—	—	—	—	0,3
28	—	—	—	—	—	—	—	0,2
29	—	—	—	—	—	—	—	0,1
	—	—	—	—	—	—	—	0,06

proportion de 8<sup>sr</sup>,56 dans un litre. Ce sel intervenant souvent comme impureté dans l'iodure de potassium, il y avait intérêt à l'examiner. On reconnaît qu'il n'intercepte pas les rayons jusqu'à 17; la transparence diminue ensuite rapidement jusqu'à 20, puis continue à s'abaisser lentement jusqu'à l'extrémité du spectre. D'après cela, il est peu probable que de petites quantités de iodate mélangé au iodure puissent influencer sensiblement sur le spectre d'absorption de ce dernier.

*Bromures.* — Nous avons examiné le bromure d'éthyle (provenant de la fabrique Kahlbaum). Jusqu'à la raie 12, la transparence est très grande; il se manifeste ensuite une bande d'absorption peu prononcée sur la raie du magnésium ( $\lambda=309$ ) voisine de la raie solaire S. Sans oser l'affirmer, il nous paraît probable que cette bande est due à quelque impureté du produit. — Au delà, la forme de la courbe accuse un accroissement d'absorption très rapide entre 17 et 18. Ce caractère d'une interruption très brusque de la transparence appartient aussi aux iodures, comme nous l'avons vu; mais la limite n'est pas la même, car avec l'iodure d'éthyle absolu, le passage de la transparence à l'opacité s'effectue vers la raie 10; avec le bromure, c'est vers la raie 17. Même en supposant que la bande d'absorption mentionnée plus haut ne soit pas due à une substance étrangère, il resterait une différence marquée entre l'iodure et le bromure d'éthyle, ce dernier étant, en tout cas, le plus transparent.

La différence persiste entre les deux éthers en solution alcoolique; le bromure d'éthyle, dans la proportion de 4<sup>sr</sup>,36 dans un litre, est notablement moins absorbant que l'iodure en proportion équivalente (soit 6<sup>sr</sup>,64); pour le bromure, la grande transparence va jusqu'à la raie 20; avec l'iodure, elle ne dépasse guère la raie du ma-

gnésium ( $\lambda=309$ ). — Le spectre est moins brusquement coupé avec le bromure qu'avec l'iodure, la courbe présente un autre caractère, ce qui pourrait bien provenir de quelque impureté.

Dans la partie la plus réfrangible du spectre, nous n'avons pas trouvé, avec le bromure d'éthyle, de maximum et de minimum d'opacité comme ceux que présentent les éthers iodhydriques. Il est possible que ce minimum existe virtuellement, mais qu'il s'approche trop de l'extrémité du spectre pour être apparent. — L'épaisseur d'extinction est encore sensible pour la raie 30 de l'aluminium (l'alcool pris comme dissolvant étant le n° 6 du tableau B, c'est-à-dire le plus transparent de tous).

Le bromure de potassium (provenant d'une pharmacie) a été étudié en solution aqueuse à deux degrés de concentration différents. Dans la proportion de 238<sup>gr</sup> dans un litre, on trouve que la transparence tombe brusquement vers la raie 22, tandis que, comme nous l'avons vu, pour l'iodure de potassium en proportion équivalente (332<sup>gr</sup>, voir tableau L) cette inflexion si marquée se produit déjà vers la raie 17.

La dissolution à 4<sup>gr</sup>,76 de bromure de potassium dans un litre est aussi notablement plus transparente que la solution équivalente de bromure d'éthyle (4<sup>gr</sup>,36) jusqu'à la raie 24 ; au delà elle est plus absorbante.

En gros, on peut dire que le bromure de potassium, comparé au bromure d'éthyle, se comporte comme l'iodure de potassium vis-à-vis de l'iodure d'éthyle.

Ces résultats sont consignés dans le tableau M et, en partie, dans la planche VIII.



TABLEAU M. — Éthers simples. Bromures.

RAIES	Bromure d'éthyle absolu.	Bromure d'éthyle. Solution alcoolique à 4 <sup>re</sup> .36 dans 1 litre.	Bromure de potassium. Solution aqueuse de 228 gr. dans 1 litre.	Bromure de potassium. Solution aqueuse à 4 <sup>re</sup> .76 dans 1 litre.
Zn (double)	mm Dépasse 100	—	—	—
12	54,3	—	—	—
Mg ( $\lambda = 309$ )	37,57	—	—	—
Mg ( $\lambda = 293$ )	41,72	—	—	—
Mg ( $\lambda = 279$ )	37,05	—	—	—
17	21,63	—	—	—
18	1,37	mm	mm	—
20	0,34	100,3	Dépasse 100	—
20 et 22	—	—	—	mm
22	0,17	17,25	12,05	Dépasse 100
24	—	9,95	0,47	49,5
25	—	4,92	0,15	3,55
26	—	4,3	0,06	0,92
27	—	3,0	Insensible.	0,2
28	—	2,7	—	0,1
29	—	2,25	—	Insensible.
30	—	1,32	—	—
31	—	Insensible.	—	—

*Chlorures.* — Nous avons examiné le chlorure d'éthyle (Kahlbaum); son étude est difficile à cause de sa grande volatilité. Le point d'ébullition étant à 12°, il faut opérer rapidement et dans une salle à basse température. On doit prendre quelques précautions pour que les vapeurs, qui sortent du vase et tombent en vertu de leur grande densité, ne prennent pas feu au contact des étincelles d'induction ou du bec à gaz employé pour la lecture de l'échelle.

Nous avons du doute sur la pureté de l'échantillon de chlorure d'éthyle que nous avons employé : son point d'ébullition n'était point constant, et après l'évaporation, les vases où il avait été placé conservaient une odeur par-

ticulière. D'autre part, la courbe d'absorption à laquelle ce produit donne lieu est fort irrégulière (voir planche VIII), ce qui est habituellement un indice d'impureté. Les chiffres donnés dans le tableau N montrent toutefois que la transparence du chlorure d'éthyle est plus grande que celle du bromure pour les raies extrêmes du spectre à partir de 18. Entre 17 et 18, on remarque une forte inflexion de la courbe provenant probablement d'impuretés.

Outre le chlorure d'éthyle, nous avons examiné des échantillons de chlorures de propyle et d'isobutyle, faisant partie des produits que nous avons reçus de MM. I. Pierre et Puchot; malheureusement la quantité en était très petite.

Avec le chlorure de propyle (point d'ébullition à  $46^{\circ},5$ ), la plus grande épaisseur sur laquelle nous avons pu opérer était de  $21^{\text{mm}}$ . La raie 24 est éteinte à  $18^{\text{mm}},5$ , tandis que l'épaisseur d'extinction pour cette raie est insensible avec l'iodure de propyle et l'iodure et le bromure d'éthyle. Pour les raies 22 à 26, la transparence est plus grande que celle du chlorure d'éthyle.

Avec le chlorure de butyle (point d'ébullition  $70^{\circ},5$  à  $73^{\circ}$ ), dont nous avons très peu, le maximum d'épaisseur que nous pouvions atteindre était de  $9^{\text{mm}},1$ ; la raie 24 était alors très affaiblie. Pour les raies suivantes, le chlorure de butyle a paru moins transparent que le chlorure de propyle; mais on ne peut formuler de conclusion certaine d'après des mesures ne portant que sur les rayons les plus réfrangibles.

Les résultats obtenus sur ces divers chlorures sont contenus dans le tableau N et la plupart des courbes sont tracées sur la Planche VIII.

TABLEAU N. — Éthers simples. Chlorures absolus.

RAIES	Chlorure d'éthyle absolu.	Chlorure de propyle absolu.	Chlorure d'isobutyle absolu.
12	mm Dépasse 77	—	—
17	29,0	—	—
18	29,0	—	—
20	26,6	mm	mm
22	13,63	Dépasse 21	affaiblies à 9,1
24	5,1	18,5	très affaib. à 9,1
25	3,05	7,27	4,02
26	2,1	3,6	1,7
27	1,2	1,45	0,75
28	0,85	0,3 (?)	0,3
29	0,3	—	0,1
30	—	—	—
31	—	—	—

Dans les solutions alcooliques de ces trois chlorures, la transparence est loin d'être proportionnelle au degré de dilution. La courbe diffère par son apparence générale des courbes des autres substances de cette catégorie, la chute de transparence est moins brusque. Les chlorures de propyle et d'isobutyle, dans la proportion équivalente de 3<sup>gr</sup>,14 et 3<sup>gr</sup>,7 par litre, donnent à peu près les mêmes résultats l'un que l'autre. Le chlorure d'éthyle à 2<sup>gr</sup>,58 par litre est notablement plus transparent pour les rayons très réfringibles.

Les résultats sont donnés dans le tableau N'.

TABLEAU N°. — Éthers simples. Chlorures en solution.

RAIES	Chlorure d'éthyle. Solution alcoolique à 358 gr. dans 1 litre.	Chlorure de propyle. Solution alcoolique à 157 gr. dans 1 litre.	Chlorure d'isobutyle Solution alcoolique à 90 <sup>gr</sup> ,93 dans 1 litre.	Chlorure de potassium. Solution aqueuse dans 1 litre.	Chlorure de potassium. Solution aqueuse à 3 <sup>gr</sup> ,976.
12	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—
20	Dépasse 90 mm	Dépasse 100 mm	85,0 mm	—	—
22	69,6	79,4	61,8	—	—
24	44,65	—	41,7	40,7	—
25	25,15	20,6	22,35	45,3	—
26	18,45	13,0	12,35	4,7	—
27	7,4	4,8	6,0	2,1	116,3 mm
28	4,35	2,7	2,6	0,7	57,6 mm
29	4,82	0,7	0,82	—	7,5 mm
30	—	—	Insensible.	—	1,1
31	—	—	—	—	—

Enfin, comme terme de comparaison, nous y avons joint le chlorure de potassium en solution dans l'eau à divers degrés de concentration.

La solution à 2<sup>gr</sup>,976, équivalente à celle de iodure

de potassium à 6<sup>sr</sup>,64 par litre, est beaucoup plus transparente que celle des chlorures d'éthyle, de propyle et de butyle en proportions équivalentes, savoir à 2<sup>sr</sup>,58, 3<sup>sr</sup>,14 et 3<sup>sr</sup>,7 par litre.

Nous croyons pouvoir résumer cette étude des éthers simples de la manière suivante :

1. Les divers éthers simples contenant le même élément électro-négatif (iode, brome, chlore) ne paraissent pas différer sensiblement dans leurs propriétés d'absorption; en d'autres termes, la substitution d'un radical alcoolique à un autre radical alcoolique agit peu sur la transparence.

2. Les sels haloïdes de potassium (iodure, bromure, chlorure) sont notablement moins absorbants que les éthers correspondants; la substitution d'un métal alcalin à un radical alcoolique augmente donc la transparence.

3. Les divers éthers contenant un élément électro-négatif différent ne présentent point la même transparence; les iodures sont très absorbants, les bromures le sont moins, les chlorures sont assez transparents.

4. Les spectres d'absorption ultra-violetts de ces divers produits présentent en général le caractère commun d'être brusquement interrompus ou très affaiblis. C'est ce dont on peut juger par un coup d'œil sur les courbes des planches VII et VIII : la plupart commencent par une ligne presque verticale qui s'infléchit rapidement en se rapprochant beaucoup de l'abscisse. Celles qui font exception correspondent probablement à des produits impurs. D'ailleurs ce caractère appartient à un grand nombre d'autres corps.

## ACIDES GRAS.

L'étude que nous avons faite sur les acides de la série grasse ne nous satisfait guère ; il nous a paru que les produits sur lesquels nous avons opéré étaient loin de présenter une pureté parfaite, malgré les soins apportés à leur préparation.

Comme exemple des divergences qui peuvent se manifester avec un même corps suivant sa provenance, et de la difficulté de la purification, nous donnons dans le tableau O ci-dessous les chiffres que nous avons obtenus avec l'acide acétique.

Un premier échantillon, pris dans la collection de l'École de chimie de Genève et étiqueté comme pur, est d'abord examiné tel quel. On trouve qu'il est très absorbant au delà de la raie 12 et on remarque un minimum de transparence sur 17, qui peut faire soupçonner une impureté du produit. On cherche à le purifier par deux cristallisations successives et on l'examine de nouveau. Sa transparence s'est un peu améliorée, mais l'absorption est toujours très considérable pour les raies 14 et suivantes. Les mesures sont d'ailleurs peu régulières, comme si au contact de l'air humide il se produisait une action particulière ; on voit dans le tableau que les chiffres de deux séries successives (première et deuxième mesures) ne s'accordent pas très bien ; la transparence a augmenté pour la raie 18 plus que pour la raie 17, en sorte que le minimum de transmission de cette dernière raie est plus accusé. Une troisième mesure faite deux mois plus tard sur cet échantillon montre que ce minimum a persisté.

TABLEAU O. — Acide acétique.

RAIES	ACIDE ACÉTIQUE CRISTALLISABLE					
	Premier échantillon			Deuxième échantillon. Kahlb.	ACIDE ACÉTIQUE ÉTENDU D'EAU Kahlb.	
	avant la purification.	après purification 1 <sup>re</sup> mesure.	2 <sup>me</sup> mesure.   3 <sup>me</sup> mesure.		80 % d'acide. 80 % d'eau.	60 % d'acide. 50 % d'eau.
41	—	—	—	—	—	—
42	Dépasse 82 mm	Dépasse 70 mm	—	—	—	—
43	61,9	4,5	7,5	—	—	—
44	3,45	2,77	2,71	Dépasse 100 mm	—	—
45	1,83	2,65	4,17	88,2	—	—
47	2,1	1,44	2,2	6,9	mm 477 presque éteint.	—
48	1,4	0,32	0,4	0,5	12,8	—
20	0,2	0,22	0,25	0,1	0,37	—
22	0,1	—	—	—	0,2	—
24	Inensible.	—	—	—	Inensible.	—
25	—	—	—	—	—	—
26	—	—	—	—	—	—
						Dépasse 88 mm
						24,45
						1,0
						0,35
						0,17
						0,1

Dans toutes ces observations, l'épaisseur d'extinction de la raie 17 n'atteint pas 3<sup>mm</sup>.

On a ensuite opéré sur un second échantillon d'acide

acétique, provenant de la fabrique Kahlbaum et préparé sans doute en grand; l'épaisseur d'extinction pour 17 dépasse 100<sup>mm</sup> (voir la courbe planche V). Il y a, comme on le voit, une entière divergence entre les deux produits.

Nous consignons aussi dans le tableau O les mesures faites avec l'acide acétique (deuxième échantillon) étendu d'eau dans les proportions de 20 et de 50 %, d'eau (en poids).

La transparence augmente plus rapidement que le degré de dilution, fait qui se rattache peut-être aux variations moléculaires qui accompagnent le mélange d'eau avec l'acide concentré, et au maximum de densité que l'on observe lorsque la dissolution contient 22 %, d'eau.

On voit par ce qui précède que, comme pour les alcools, la purification des acides gras présente de grandes difficultés. C'est donc *sous toute réserve quant à leur exactitude* que nous donnons, dans le tableau P qui suivra, les chiffres obtenus sur cette série de corps. Les échantillons sortaient pour la plupart de la fabrique Kahlbaum. L'acide propionique faisait partie des produits reçus de MM. I. Pierre et Puchot; la quantité en était petite; le liquide a un peu jauni pendant les mesures.

En comparant nos résultats à ceux de MM. Hartley et Huntington d'après leurs diagrammes indiquant la limite des spectres pour une épaisseur de 19<sup>mm</sup>, on trouve que les acides formique et acétique sur lesquels nous avons opéré (Kahlbaum), ont une transparence plus grande que les échantillons de MM. Hartley et Huntington, qui donnent comme limite du spectre les raies



14 pour l'acide formique et 17 pour l'acide acétique; pour les acides propionique et butyrique il n'y a pas de différence sensible; mais pour l'acide isobutyrique la différence est en faveur de l'échantillon de MM. Hartley et Huntington, lequel transmet jusqu'à la raie 17. — Nous rappelons ici que lorsqu'on examine plusieurs échantillons d'un même corps dans lesquels on peut soupçonner des traces d'une substance étrangère plus absorbante que le produit principal, les chiffres les plus élevés obtenus pour l'épaisseur d'extinction d'une raie donnée, sont les seuls qui aient quelque valeur : on n'est pas sûr qu'ils ne soient pas encore trop faibles, mais on peut être certain qu'ils sont plus près d'être exacts que les chiffres moins élevés. Par suite nos résultats pour les acides formique et acétique (Kahlbaum) doivent être meilleurs que ceux de MM. Hartley et Huntington ; mais c'est l'inverse pour l'acide isobutyrique.

Dans l'ensemble, il est difficile de donner des conclusions certaines d'après les résultats consignés dans le tableau ; leur manque de régularité indique, nous n'en doutons pas, la présence d'impuretés. Le seul caractère commun, c'est que tous ces acides interceptent complètement la partie la plus réfrangible du spectre à partir de 25 ; tous présentent une chute rapide de transparence entre 17 et 20, à l'exception de l'acide isobutyrique qui présente un minimum sur 17 et chez lequel la décroissance commence plus tôt et n'est pas si brusque. Maintenant ces acides à l'état de pureté présenteraient-ils des différences entre eux, et trouverait-on une relation entre leur formule chimique et leur transparence ? c'est ce que nous ne saurions décider.

On remarquera que ces corps, qui sont très absorbants

pour les rayons plus réfrangibles que 18, contiennent aussi le groupe CO comme trait d'union entre deux autres groupes, dont l'un est un radical alcoolique, l'autre l'hydroxyle; ceci dit sous toute réserve relativement au rôle que ce carbonyle joue dans la constitution des acides.

*Sels de sodium.* — Une série des combinaisons des acides gras avec le sodium nous a également donné des résultats incertains. Ces sels provenaient de la fabrique Kahlbaum, à l'exception de l'acétate qui a été pris dans la collection de l'École de chimie. On les a dissous dans l'eau en proportion telle que, pour chacun d'eux, la solution contient 23 grammes de sodium dans un litre. Les chiffres obtenus sont également consignés dans le tableau P, à la suite des acides.

Ces produits (sauf le butyrate de sodium) présentent ce caractère commun que, pour tous, l'absorption est à peu près la même à l'extrémité la plus réfrangible du spectre, soit pour les raies 28 et 29.

Ici encore, il est difficile de dire s'il y a une relation entre la transparence et la formule chimique. MM. Hartley et Huntington ont admis pour ces sels, que l'absorption augmente à mesure que leur composition devient plus complexe par l'addition d'un plus grand nombre de  $\text{CH}^2$ . Nous ne pouvons ni contester ni confirmer cette conclusion qui, si elle est exacte, est masquée par la présence d'impuretés dans les produits; en effet l'ordre de transparence que nous avons obtenu est le suivant : acétate, isobutyrate, formiate, propionate, valérate, butyrate. La chute brusque de transparence s'effectue entre 20 et 24 pour le formiate, l'acétate, le propionate, l'isobutyrate; elle se produit entre 12 et 18 pour le valérate et le butyrate, qui sont probablement plus impurs. Les échantillons

d'acétate et d'isobutyrate ont une transparence, non pas identique, mais assez analogue; le formiate et le propionate se rapprochent aussi l'un de l'autre; le valérate et le butyrate sont beaucoup moins transparents.

TABLEAU P. — Acides gras et sels de sodium.

RAIES	A. formique <i>Kahlb.</i>	A. acétique <i>Kahlb.</i>	A. propionique <i>P. et P.</i>	A. butyrique <i>Kahlb.</i>	A. isobutyrique <i>Kahlb.</i>
12	—	—	mm Dépasse 22	mm 75 presque éteint.	mm 74 presque éteint
14	—	—	—	21,47	13,85
16	mm 88,75	mm Dépasse 100	13,1	8,83	7,5
17	16,13	58,2	6,95	0,78	9,6
18	1,75	6,9	2,3	0,1	4,8
20	0,1	0,5	0,22	Insensible.	Insensible.
22	0,02	0,1	0,07	—	—
24	Insensible.	Insensible.	Insensible.	—	—
25	—	—	—	—	—

Sels de sodium en solution aqueuse (23 grammes de sodium dans 1 litre).

RAIES	Formiate <i>Kahlb.</i>	Acétate (École de chimie).	Propionate <i>Kahlb.</i>	Butyrate <i>Kahlb.</i>	Isobutyrate. <i>Kahlb.</i>	Valérate <i>Kahlb.</i>
12	—	—	—	mm —	—	mm 96,6 presque
16	—	—	—	85,0	—	—
17	mm —	—	mm —	52,9	—	47,25
18	92,95	mm Dépasse 100	Dépasse 90	6,85	mm 102 (faible)	16,25
20	65,28	16,7	67,25	3,45	10,04	6,55
22	13,27	5,52	9,4	0,91	4,04	1,56
24	5,01	2,0	3,82	0,42	3,17	0,96
25	1,42	1,1	1,06	0,15	1,15	0,54
26	0,7	0,5	0,72	0,06	0,75	0,27
27	0,27	0,2	0,26	Insensible.	0,35	0,1
28	0,17	0,02	0,12	—	0,16	0,06
29	0,09	0,02	0,03	—	0,06	0,04

## ÉTHERS COMPOSÉS.

*Éthers des acides gras.* — Dans les produits reçus de MM. I. Pierre et Puchot se trouvaient un grand nombre des éthers formés par les acides gras; ces échantillons, contenus dans des tubes scellés, étaient en quantité trop petite pour qu'on ait pu les examiner sous une grande épaisseur. Quelques éthers de la même série ont été reçus de la fabrique Kahlbaum.

Les résultats obtenus sur ces corps nous paraissent présenter une incertitude pareille à celle que nous avons constatée dans la série précédente : il est très probable que ces spécimens d'éthers contiennent pour la plupart des traces sensibles d'impuretés produites par les opérations mêmes de rectification. Les chiffres sont donnés dans le tableau Q.

MM. Hartley et Huntington ont déterminé aussi pour cette série d'éthers la limite du spectre d'absorption au travers d'une épaisseur de 19<sup>mm</sup> de liquide. Les produits sur lesquels ils ont opéré provenaient de la fabrique Kahlbaum. Leurs résultats sont en général d'accord avec les nôtres; cependant pour les acétates de méthyle, butyle et d'amyle, pour le butyrate d'éthyle et surtout le butyrate d'amyle, nous avons obtenu une transparence plus grande que MM. Hartley et Huntington. En revanche, la transparence que ces derniers ont observée pour le formiate de méthyle et surtout pour le butyrate de méthyle dépasse notablement le chiffre que nous avons trouvé.

Tous nos échantillons présentent ce caractère commun que l'absorption est presque complète à partir de la raie

TABLEAU Q. — Éthers composés.

RAIES	Formiates de		Acétates de			
	propyle P. et P.	butyle P. et P.	méthyle Kahlb.	propyle P. et P.	butyle P. et P.	amyle Kahlb.
12	—	—	—	—	—	mm 60,33
14	—	—	—	—	—	mm 19,75
17	Dépasse 22	Dép. 22	86,4	—	—	mm 0,97
18	10,10	14,45	64,2	très visible à 15	très visible à 11	mm 1,7
20	0,8	1,72	8,85	4,6	4,53	mm 1,53
22	—	0,15	0,1	—	0,15	mm 0,15
24	—	—	—	—	—	mm 0,03
RAIES	Propionate de butyle P. et P.	Butyrates de				
		méthyle P. et P.	éthyle P. et P.	propyle P. et P.	butyle P. et P.	amyle P. et P.
10	—	Dép. 21	—	—	—	—
12	—	10,5	—	—	—	—
14	—	1,6	—	—	mm 25,1	—
17	—	1,87	—	Dépasse 30	32,5	—
18	Dépasse 14,3	2,75	Dép. 22	25,65	10,05	mm 7,43
20	6,13	1,25	2,75	2,95	0,85	mm 1,75
22	0,25	—	—	—	—	—
24	0,13	—	—	—	—	—
25	0,1	—	—	—	—	—
RAIES	Valérates de					
	méthyle P. et P.	éthyle P. et P.	propyle P. et P.	butyle P. et P. n° 1.	butyle P. et P. n° 2.	amyle P. et P.
11	—	—	—	—	—	mm 33,0
12	—	—	—	—	—	mm 22,3
Mg ( $\lambda = 309$ )	—	—	—	—	—	mm 10,75
14	—	—	—	—	—	mm 4,0
Mg ( $\lambda = 293$ )	—	—	—	—	—	mm 5,67
16	—	—	—	—	—	mm 2,3
Mg ( $\lambda = 279$ )	—	—	—	—	—	mm 5,67
17	22,0	—	—	—	—	mm 4,2
18	13,17	Dép. 19,0	15,0	Dépasse 13,7	18,77	mm 3,8
20	2,2	3,28	3,0	2,3	3,54	mm 1,01
22	Insensible.	0,05	Insensible	0,2	0,3	mm 0,12
24	—	Insensible	—	0,1	Insensible.	mm 0,03
25	—	—	—	0,04	—	Ins.
26	—	—	—	0,02	—	—
27	—	—	—	Insensible.	—	—

22, dont l'épaisseur d'extinction ne dépasse 0<sup>mm</sup>,25 pour aucun d'eux.

Celui de nos produits qui présente la plus grande transparence est l'acétate de méthyle de Kahlbaum; nous pensons que c'est là l'échantillon qui représente le mieux le type de cette classe de corps au point de vue de l'absorption; comme on le voit dans le tableau, sa transparence, encore très grande pour 18, décroît rapidement et est presque insensible pour 22. On voit aussi que les autres éthers homologues présentent le même caractère atténué; l'épaisseur d'extinction de la raie 18 est moindre que pour l'acétate de méthyle, mais elle est encore très sensible<sup>1</sup>.

Nous ne pouvons préciser davantage les conclusions. D'ailleurs, pour établir une comparaison sérieuse entre ces éthers, il faudrait faire, pour chacun d'eux, le calcul du nombre relatif de molécules que contiennent les couches liquides traversées par la radiation, c'est-à-dire faire intervenir le poids moléculaire et la pesanteur spécifique des corps étudiés; il faudrait aussi mettre en regard les chiffres exprimant l'absorption produite par une épaisseur équivalente de l'acide entrant dans la composition de l'éther. L'impureté des produits rend cette recherche inabordable pour le moment.

<sup>1</sup> Trois produits cependant présentent un caractère notablement différent; ce sont l'acétate d'amyle, le butyrate de méthyle et le valérate d'amyle. Ils donnent lieu à un minimum de transparence entre 16 et 17. Mais ces produits sont manifestement impurs. Le minimum sur 14, auquel pourraient faire croire les chiffres du tableau pour le valérate d'amyle et le butyrate de butyle, n'est probablement pas réel; il faut en effet se rappeler que la raie 14 est très faible, surtout en comparaison de celles du magnésium (voir quatrième mémoire).

Nous avons cependant essayé une comparaison de ce genre : l'acide acétique dilué contenant 20 %, d'eau, en poids (tableau O), contient approximativement, à épaisseur égale, le même nombre de molécules d'acide acétique que l'éther méthylacétique (tableau Q). On voit que la transparence de l'acide est plus grande que celle de l'éther; mais la différence n'est pas si grande qu'elle ne puisse être attribuée à une impureté. Il nous semble, ici encore, qu'il serait prématuré de conclure soit que la transparence de l'éther ne dépend que de celle de l'acide entrant dans sa composition, soit qu'elle diminue avec le nombre de  $\text{CH}^2$  combinés avec l'acide pour former l'éther.

*Éther allylacétique* ( $\text{C}^2\text{H}^3\text{O}^1$ .  $\text{C}^2\text{H}^3$ ). — L'acétate d'allyle ne rentre pas dans la même série que les éthers précédents.

Nous l'avons étudié sur un échantillon provenant de la fabrique Kahlbaum. Les résultats consignés dans le tableau R qui suivra montrent que ce produit est très absorbant et que son action s'étend à tout l'ultra-violet, en augmentant avec la réfrangibilité; on n'observe pas de bandes d'absorption. Ces propriétés peuvent provenir d'une impureté; mais il est possible également qu'elles soient une conséquence de la constitution de ce corps; il appartient en effet à la série éthylénique dans laquelle les atomes de carbone sont unis par une double liaison (ou non saturés). Il serait prématuré d'insister sur ce point.

*Éther méthyloxalique.* — Avant de passer à d'autres éthers formés par des acides inorganiques, nous avons quelques mots à dire sur l'oxalate de méthyle qui est solide et cristallin.

L'échantillon le plus pur d'alcool méthylique que nous

ayons eu à notre disposition, et qui était extrait de l'oxalate, présentait, entre 18 et 22, une bande d'absorption qui est d'une observation un peu difficile, à cause de la faiblesse relative de la raie 20 (voir tableau A et Planche I). Nous nous sommes demandé si cette bande appartenait à l'oxalate de méthyle dont l'alcool avait été extrait et dont une partie aurait pu être entraînée. Nous avons donc examiné des dissolutions de cet éther dans l'alcool éthylique (en proportions non déterminées). Les résultats de ces observations sont donnés dans le tableau R ci-dessus; ils montrent que cette substance est peu transparente pour les rayons extrêmes; elle présente bien une bande d'absorption entre 18 et 22, mais moins prononcée que celle obtenue avec l'alcool méthylique; on ne peut donc l'attribuer à l'oxalate, et il est très probable qu'elle est due à une impureté commune à l'alcool qui en est extrait.

*Éthers azotiques.* — Arrivons maintenant aux éthers azotiques, qui présentent un assez grand intérêt<sup>1</sup>. En effet, leurs propriétés d'absorption peuvent jeter quelque jour sur la constitution chimique des éthers et sur la question de savoir s'ils se comportent comme des azotates métalliques.

À l'état absolu, les azotates d'éthyle, d'isobutyle et d'amyle (provenant de la fabrique Kahlbaum) absorbent énergiquement les rayons ultra-violet; l'action est déjà forte pour la raie 12, et l'épaisseur d'extinction est très faible ou insensible pour les raies suivantes. Les résultats

<sup>1</sup> Un résumé de notre étude des éthers azotiques et azoteux a été l'objet d'une publication faite il y a déjà plusieurs années. Voyez *Comptes rendus de l'Académie des Sc. de Paris*, 1879, t. LXXXIX, p. 747.



TABLEAU R. — Éthers composés (suite).

RAIES	Éther allylacétique.	Éther méthylloxalique.	
		Première dissolution	Seconde dissolution.
Mg ( $\lambda = 383$ )	Dépasse <sup>mm</sup> 73	—	—
9	25,4	—	—
10	12,95	—	—
Zn (double)	11,4	—	—
12	5,85	—	Dépasse <sup>mm</sup> 75
Mg ( $\lambda = 309$ )	9,07	—	—
14	—	—	50,5
Mg ( $\lambda = 293$ )	5,6	—	—
17	2,87	<sup>mm</sup> 50,5	27,0
18	1,55	33,2	16,4
20	0,97	20,45	9,5
22	0,05	21,95	11,5
24	—	15,95	9,9
25	—	8,2	5,5
26	—	6,7	3,9
27	—	2,7	1,0
28	—	2,0	0,4
29	—	1,05	0,1

RAIES	Azotates (absolus)		
	d'éthyle.	d'isobutyle.	d'amyle.
9	—	—	<sup>mm</sup> 27,85
10	—	—	21,35
11	Dépasse <sup>mm</sup> 25	<sup>mm</sup> 64,0	—
Zn (double)	—	—	—
12	15,6	14,45	9,9
13	2,0	1,9	2,3
Mg ( $\lambda = 309$ )	2,2	2,85	3,4
14	0,7	0,85	0,92
Mg ( $\lambda = 293$ )	0,65	0,92	0,77
16	0,25	0,35	0,3
Mg ( $\lambda = 279$ )	0,32	0,65	0,32
17	0,22	0,37	0,25
18	0,07	0,2	0,07

consignés dans le tableau R ci-dessus montrent que ces trois produits se comportent d'une manière très analogue les uns aux autres; cependant l'azotate d'amyle est moins transparent pour les rayons peu réfrangibles, ce qui est

dû sans doute aux impuretés habituelles des composés d'amyle.

L'absorption de ces éthers est trop grande lorsqu'ils ne sont pas dilués pour qu'il soit possible d'établir une comparaison avec les azotates.

Nous avons donc fait une nouvelle série de mesures sur des solutions alcooliques de ces éthers à des degrés de concentration équivalents, soit au titre de 5 grammes d'azote dans un litre de liquide<sup>1</sup>. Comme terme de comparaison, nous avons examiné simultanément une solution alcoolique d'azotate de calcium au même titre de 5 grammes d'azote dans un litre; l'examen de ce dernier liquide était nécessaire pour décider si les solutions alcooliques des azotates se comportent comme les solutions aqueuses. — A ces résultats, consignés dans le tableau R', nous joignons les chiffres obtenus sur les azotates de potassium et d'ammoniaque, au même titre et en solution dans l'eau<sup>2</sup>.

On voit que les caractères déjà connus<sup>3</sup> du spectre d'absorption des azotates métalliques ne se retrouvent pas chez les éthers azotiques; en particulier, ces derniers corps ne présentent pas, entre les raies 11 et 18, la bande d'absorption si nettement reconnaissable avec les solutions aqueuses des azotates ordinaires, y compris celui d'ammoniaque, tandis que ces caractères persistent dans la solution alcoolique d'azotate de calcium (quoique avec quelques modifications, l'absorption étant moins forte pour 12 et 13 et plus forte au delà).

<sup>1</sup> L'alcool employé pour la dissolution était le n° 1 du tableau B.

<sup>2</sup> Les chiffres de l'azotate de potassium paraissent un peu forts et doivent être considérés comme une limite ne pouvant être dépassée.

<sup>3</sup> Voyez deuxième et quatrième mémoires.

TABLEAU R'. — Éthers composés (suite).

RAIES	Azotate d'illudé (à 5 gr. d'azote dans 1 litro)					
	d'éthyle.	d'isobutyle.	d'amyle.	de calcium.	de potassium, (Solution aqueuse)	d'ammoniaque.
11						
12	Dépasse 90 mm					
13	57,96					
14	47,4	39,7	37,6 (7)	60,3	24,8	20,85
15	7,1	7,85	15,0	15,1	—	7,3
17	4,9	7,82	8,72	7,9	9,2	7,2
18	3,82	3,97	3,7	20,35	31,2	27,6
20	0,57	2,6	1,9	40,05	43,0	39,4
22	0,45	0,45	0,32	7,82	7,0	5,95
24	0,15	0,15	0,15	0,25	0,1	Invisible.

Comme l'indique la Planche IX, la courbe des éthers est régulièrement décroissante et coupe celle des azotates métalliques de telle sorte que la transparence est plus grande pour les raies moins réfrangibles que 14, plus faible de 17 à 20, et de nouveau plus grande pour les raies extrêmes.

Ces faits semblent indiquer que les éthers ne peuvent

être complètement assimilés à des sels et qu'il y a entre ces deux classes de corps une différence de constitution chimique, conclusion d'ailleurs que plusieurs propriétés d'un autre ordre tendent à faire admettre.

Nous avons reconnu plus haut qu'entre les éthers simples et les sels haloïdes correspondants, il se manifeste également une différence, moins frappante peut-être que celle que nous venons de signaler pour les azotates, mais cependant bien positive.

*Éthers azoteux.* — La comparaison entre l'absorption des éthers azoteux et des azotites métalliques est peut-être moins probante, d'abord parce qu'il est très difficile d'obtenir les azotites ordinaires à l'état de pureté et, en second lieu, parce qu'il est fort possible que les bandes caractéristiques des éthers azoteux soient dues à une action chimique produite par la lumière.

Les azotites d'éthyle et d'amyle absorbent très énergiquement tous les rayons ultra-violets et même une partie des rayons visibles. Le spectre de ces éthers en solution alcoolique est particulièrement intéressant à étudier à la lumière solaire.

Une dissolution d'éther amylazoteux, à 0<sup>gr</sup>,165 d'azote dans un litre, sous une épaisseur de 0<sup>m</sup>,01, donne lieu à un spectre à bandes d'absorption; on en compte six, à peu près équidistantes, entre les raies solaires H et R. La première et la sixième sont très peu marquées et difficiles à distinguer, la deuxième et la cinquième sont plus fortes, la troisième et la quatrième plus fortes encore. La première commence un peu après H et va jusqu'à L; la deuxième recouvre M; la troisième commence un peu avant N et se prolonge jusqu'à mi-distance entre N et O; la quatrième va de O à mi-distance entre O et P; la cin-

quième est entre P et Q, un peu plus rapprochée de cette dernière ; la sixième est entre Q et R.

Les vapeurs de l'éther amylozoteux, à la température ordinaire, donnent lieu au même spectre. Pour l'observer, on mouille avec quelques gouttes du liquide les parois d'un tube de verre, de 0<sup>m</sup>,16 de longueur, fermé par des lames de quartz à ses extrémités, et placé sur le passage des rayons solaires. On voit alors les mêmes bandes d'absorption qu'avec la solution alcoolique, mais plus nettes et plus tranchées. La planche X donne une reproduction phototypique de ce remarquable spectre ; l'épreuve est médiocre, mais suffisamment claire cependant. — La partie supérieure donne le spectre solaire direct, la partie inférieure le spectre solaire après interposition de vapeurs d'éther amylozoteux.

On sait, d'après les recherches de M. Tyndall, que les vapeurs de cet éther possèdent à un haut degré la propriété de se décomposer sous l'action de la lumière solaire ou électrique. Cette propriété est sans doute en relation avec les phénomènes d'absorption que nous venons de signaler.

L'éther éthylazoteux donne lieu à un spectre très analogue ; mais, pour l'observer, il faut employer une solution plus concentrée (environ un tiers d'éther pour deux tiers d'alcool).

Les azotites alcalins, qui sont aussi très absorbants pour cette partie du spectre, ne donnent pas les mêmes bandes d'absorption ; mais, comme nous l'avons fait remarquer, il est très difficile d'obtenir ces sels à l'état de pureté.

Étudiée avec l'appareil ordinaire, une dissolution alcoolique d'éther amylozoteux dans la proportion de 0<sup>gr</sup>,200 d'azote dans un litre donne les résultats consignés dans

le tableau S. Pour la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet, celle où se trouvent les bandes reproduites dans la planche X, les chiffres obtenus ne donnent nullement un aperçu suffisant du spectre, les raies observées étant trop éloignées les unes des autres. Au delà, sur la raie du magnésium voisine de S du spectre solaire ( $\lambda=309$ ), la transparence reprend énergiquement, puis elle diminue progressivement pour devenir insensible au delà de 22.

L'azotite de potassium, au même titre de 0<sup>gr</sup>,200 dans un litre, est bien plus transparent, comme on le voit dans le tableau ; ainsi, pour la raie 22, l'épaisseur d'extinction est de 18<sup>mm</sup>,1. Malgré l'impureté possible du produit, il serait difficile de nier la différence qui existe entre l'absorption de l'azotite d'amyte et celle de l'azotite de potassium.

TABLEAU S. — Éthers composés (suite).

RAIES	Azotite d'amyte en solution alcoolique 200 <sup>me</sup> d'azote dans 1 litre.	Azotite de potassium en solution aqueuse	
		200 <sup>me</sup> d'azote dans 1 litre.	20 <sup>me</sup> d'azote dans 1 litre.
	mm		
Mg ( $\lambda=383$ )	88,4	—	—
9	33,65	—	—
10	34,65	—	—
11	33,60	—	—
12	30,45	—	—
Mg ( $\lambda=309$ )	96,0 (approx.)	—	—
Mg ( $\lambda=293$ )	52,63	—	—
Mg ( $\lambda=279$ )	(29,7)	—	—
18	3,5	mm	—
22	1,4	18,1	mm
24	Insensible.	9,75	90,5
25	—	5,6	49,0
26	—	4,85	40,55
27	—	—	28,95
28	—	—	24,75
29	—	—	21,2

## ABSORPTION PAR LES VAPEURS DE QUELQUES SUBSTANCES.

Nous venons de voir que les vapeurs d'éther amylozo-toux, à la température ordinaire et sous une épaisseur de 0<sup>m</sup>,16, donnent lieu à un spectre d'absorption remarquable dans la partie la moins réfrangible de l'ultra-violet.

En opérant d'une manière analogue à la lumière de l'étincelle d'induction, nous avons observé que les vapeurs de diverses substances organiques exercent une action appréciable sur la partie extrême du spectre. Cette recherche a été faite d'une manière très superficielle, sans qu'aucune précaution ait été prise pour rendre les mesures comparables entre elles. On s'est borné à prendre un tube de verre de 0<sup>m</sup>,10 de longueur, fermé par des lames de quartz, et à en mouiller les parois avec divers liquides, sans tenir compte de leur volatilité ni de la température ambiante. Les résultats ne doivent donc être considérés que comme un premier aperçu pouvant guider dans un travail plus sérieux. C'est à ce titre que nous donnons ci-dessous une liste de quelques vapeurs absorbantes, en indiquant entre quelles limites elles produisent un affaiblissement ou une extinction.

Les vapeurs de quelques *alcools* ont donné une absorption des rayons extrêmes, mais seulement lorsqu'ils étaient eux-mêmes très absorbants, c'est-à-dire très impurs.

*Kétones.* — La méthyléthylkétone affaiblit beaucoup la raie 17 et les raies voisines; elle n'intercepte pas sensiblement les raies extrêmes. La diéthylkétone se comporte de même, mais l'absorption est plus faible. La méthylpropylkétone en vapeur est très peu absorbante.

*Iodure d'éthyle.* — Éteint de 17 à 20; affaiblit de 22 à 25; 26 est bien visible; 27 et 28 sont de nouveau affaiblies, et 29 éteinte.

*Iodure de propyle* — Se comporte d'une manière analogue, mais est un peu moins absorbant.

*Iodure d'amyle*. — Est encore moins absorbant, affaiblit 18 et 20 sans les éteindre ; laisse facilement passer 22 à 28 ; 29 est à la limite.

*Bromure d'éthyle*. — Affaiblit beaucoup 22, éteint 24 et suivantes.

*Acide formique* (échantillon du tableau P). — Affaiblit 26 à 29.

Les acides *acétique* et *propionique* ne paraissent pas absorbants.

*Acétate méthylrique*. — Intercepte 25 et suivantes.

*Butyrate méthylrique*. — Affaiblit 25 à 26 ; intercepte 27 et suivantes.

*Butyrate éthylique*. — Affaiblit les raies extrêmes.

*Butyrate butyrique*. — Affaiblit 24 ; intercepte 25 et suivantes.

*Acétate d'allyle*. — Affaiblit 22 à 27 ; intercepte 28 et 29.

*Éther éthylasotique*. — Affaiblit 24 ; intercepte 25 et suivantes.

*Éther amylasotique*. — Affaiblit 24 ; intercepte 25 et suivantes.

*Gaz d'éclairage* (dans un tube de 0<sup>m</sup>,16). — Affaiblit 25 ; intercepte 26 et suivantes.

En somme, bien que les exemples ne soient pas nombreux, on peut conclure que les liquides très absorbants et suffisamment volatils donnent aussi des vapeurs exerçant une absorption sensible.

## CONCLUSION

Nous avons déjà donné au cours de ce mémoire, les conclusions principales que nous avons pu déduire de nos observations ; elles ont été consignées à la fin de chacun des chapitres précédents <sup>1</sup>. Nous ne les reproduisons pas ici et nous nous bornons à rappeler les plus importantes et les plus générales.

<sup>1</sup> Voyez en particulier les articles relatifs aux alcools, aux cétones, aux éthers simples, etc.



Quoiqu'il soit très difficile d'obtenir des substances d'une pureté suffisante pour permettre de bonnes observations, il paraît incontestable qu'il y a une grande analogie dans la manière dont les corps faisant partie d'une même série homologue se comportent en ce qui concerne l'absorption. Les alcools, les cétones, les éthers iodhydriques etc., fournissent des exemples de pareilles séries.

MM. Hartley et Huntington ont admis qu'entre deux termes consécutifs d'une même série homologue, l'absorption augmente avec la complication du radical alcoolique, qui serait d'autant moins transparent qu'il contiendrait un plus grand nombre de molécules  $\text{CH}^2$ . Tout en reconnaissant comme probable l'existence de ces différences, MM. H. et H. nous semblent se les être un peu exagérées, et elles nous ont paru en grande partie masquées par les impuretés inévitables des substances étudiées.

La substitution d'un atome d'iode, de brome ou de chlore, à un atome d'hydrogène introduit des différences de transparence beaucoup plus importantes. Les éthers iodhydriques sont très opaques, les éthers bromhydriques le sont moins, les éthers chlorhydriques sont assez transparents.

Il n'y a pas d'analogie bien précise entre les éthers simples et les sels haloïdes correspondants, ce qui tendrait à faire admettre qu'entre ces deux classes de composés, il y a une différence importante de groupement moléculaire.

L'étude comparative des éthers composés et des sels métalliques correspondants montre que ces deux classes de corps se comportent également d'une manière très différente au point de vue de l'absorption : les azotites et

les azotates en donnent les exemples les plus frappants.

Nous avons souvent insisté sur l'influence fâcheuse que la rectification et la dessiccation exercent sur la pureté des produits, particulièrement des alcools.

Dans un grand nombre de cas d'autre part, lorsqu'on dissout un corps absorbant dans un liquide transparent, on ne trouve pas que l'absorption soit proportionnelle à la concentration, ce qui semble indiquer que la dissolution est accompagnée d'une action chimique ou physique. Les perturbations sont particulièrement sensibles lors du mélange de deux liquides solubles l'un dans l'autre, tels que l'eau avec l'alcool absolu ou avec l'acide acétique cristallisable.

Enfin nous avons fait connaître quelques faits relatifs à l'absorption des rayons ultra-violetts par les vapeurs : généralement l'absorption est facile à constater sur les vapeurs des composés de la série grasse, lorsqu'à l'état liquide ils sont à la fois très absorbants et suffisamment volatils.

---

**SUR L'ÉTAT D'ÉQUILIBRE QUE PREND**  
**AU POINT DE VUE DE SA CONCENTRATION**  
**UNE**  
**DISSOLUTION GAZEUSE PRIMITIVEMENT HOMOGÈNE**  
**DONT DEUX PARTIES SONT PORTÉES A DES TEMPÉRATURES DIFFÉRENTES**

**PAR**  
**M. P. van BERCHEM**

---

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle  
de Genève dans sa séance du 19 décembre 1889.

---

**I**

L'étude d'une dissolution saline placée dans les mêmes conditions a été faite par M. Ludwig<sup>1</sup> qui a trouvé pour une dissolution de sulfate de soude qu'il y avait concentration du sel dans la partie froide et par M. Ch. Soret<sup>2</sup>. Ce dernier trouve pour l'azotate de potassium, les chlorures de lithium, potassium et sodium : 1° qu'il se produit un phénomène de diffusion par suite duquel la concentration tend à augmenter dans la partie froide aux dépens

<sup>1</sup> *Arch. des sc. ph. et nat.* 1879, II, p. 48. 1880, II, p. 209.

<sup>2</sup> *Wiener Ber.* XX, p. 539.

de la partie chaude, 2° que la différence qui s'établit croît avec la concentration du liquide, 3° que dans la série des chlorures alcalins la différence est d'autant plus grande pour une même concentration absolue que le poids moléculaire du sel est plus élevé.

Les recherches sur le cas d'une dissolution gazeuse ont été entreprises à l'instigation de M. Soret et sous sa direction. Elles ont porté sur l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque, deux gaz dont les coefficients de solubilité très forts permettent d'apprécier de faibles différences de concentration.

## II

J'ai employé l'appareil que M. Ch. Soret a déjà décrit ici et que je rappellerai en quelques mots. Il se compose d'une chaudière cubique chauffée au moyen d'un bouilleur latéral dont le fond est traversé par six moufles de cuivre verticales ouvertes par le bas et fermées par le haut. Un siphon en relation avec un réservoir latéral maintient le niveau de l'eau constant dans la chaudière. La température est maintenue constante par un régulateur à gaz d'Andréæ. Au-dessous de la chaudière une cuve que traverse un courant d'eau froide. Les dissolutions étaient introduites dans des tubes droits de 30 cm. de longueur et 2 cm. de diamètre intérieur environ, effilés et fermés à leurs deux bouts. La partie supérieure était introduite dans les moufles de la chaudière et maintenue par une pince à ressort, tandis que la partie inférieure plongeait dans le réservoir d'eau froide. Cette partie inférieure était effilée et recourbée vers le haut. Elle doit être fermée, sans cette précaution le tube serait vidé par la pression du gaz tendant à se dégager dans la partie supérieure dès qu'on

la chauffait. C'est là que je laissais un peu d'air destiné à empêcher le tube de sauter par la dilatation du liquide.

Pour ouvrir ces tubes on cassait l'extrémité supérieure, puis l'inférieure et on recueillait les deux portions dans deux flacons différents. Le dosage se faisait par la méthode acidimétrique en employant des liqueurs très étendues. Pour l'acide chlorhydrique; en dosait à quatre reprises 2 cc. de la liqueur à analyser et l'on prenait la moyenne. Pour l'ammoniaque, les résultats n'étaient pas constants, la solution perdant du gaz d'un dosage à un autre. Pour y remédier les deux fractions étaient reçues dans des flacons pesés contenant une quantité connue d'acide titré. On les pesait de nouveau pour avoir le poids total de chaque fraction, et le dosage de celles-ci était achevé. En divisant le titrage de la fraction totale par son poids on obtenait le titrage de 1 gr. de la solution à analyser.

### III

Voici les résultats obtenus avec des températures de 50° et 15° environ. Les chiffres pour l'acide chlorhydrique indiquent le poids du gaz dans 1 cc. de la solution, pour l'ammoniaque le poids du gaz dans 1 gr. de la solution.

#### *Acide chlorhydrique. Tubes droits.*

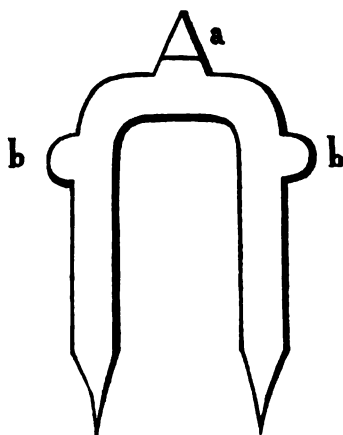
Durée de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
14 jours	0,1393	0,1365	0,0028
"	0,1402	0,1348	0,0054
"	0,1429	0,1368	0,0061
"	0,2041	0,2023	0,0018
"	0,2072	0,2009	0,0061
42 jours	0,1682	0,1634	0,0048
43 jours	0,1713	0,1705	0,0008
"	0,1731	0,1685	0,0046

*Ammoniaque. Tubes droits.*

Durée de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
43 jours	0,0361	0,0358	0,0003
"	0,0346	0,0347	—0,0001
"	0,0387	0,0370	0,0017
38 jours	0,1086	0,1084	0,0002
"	0,1082	0,1082	—
"	0,1063	0,1085	—0,0022
36 jours	0,1926	0,1977	—0,0051
"	0,2043	0,2108	—0,0065
23 jours	0,2678	0,2653	0,0025
40 jours	0,2112	0,2119	—0,0007
38 jours	0,2591	0,2553	0,0038
46 jours	0,2988	0,2990	—0,0002
"	0,3094	0,3072	0,0022

Pour l'acide chlorhydrique bien que les résultats ne soient pas exactement les mêmes pour les différents tubes, ils indiquent une concentration dans la partie froide. Les résultats pour l'ammoniaque ne sont plus réguliers du tout puisque la concentration a lieu tantôt dans l'une tantôt dans l'autre des deux parties. On aurait pu le prévoir, car la densité des dissolutions d'ammoniaque allant en diminuant avec leur concentration, si la concentration devait se produire dans la partie froide, c'est-à-dire en bas, cette partie devenant plus légère se serait mise à monter et le courant engendré aurait empêché tout état d'équilibre de s'établir. On employa alors des tubes en U renversés. Ils étaient effilés à leurs deux extrémités inférieures sans recourbement. On soufflait deux petites ampoules *b* sur le côté supérieur de chaque branche. Sur le sommet de la courbure était soudé un petit tube *a* qu'on effilait à la lampe après le remplissage en y laissant une petite bulle d'air. Ces tubes étaient posés à cheval, une branche dans la chaudière, l'autre dans le réservoir froid latéral. Pour

vider le tube, la pointe du petit tube et les deux ampoules étaient brisées, le liquide de la partie intermédiaire s'écou-



lait, puis on recueillait séparément les deux fractions chaudes et froides en brisant les deux pointes inférieures. Le remplissage et le vidage de ces tubes en U ne présentait pas de difficultés, tandis que ces deux opérations étaient délicates pour les tubes droits :

*Ammoniaque. Tubes en U.*

Partie de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
13 jours	0,1383	0,1350	0,0033
21 jours	0,1410	0,1415	—0,0005
•	0,1392	0,1364	0,0028
34 jours	0,1403	0,1400	0,0003
•	0,1413	0,1405	0,0008
•	0,1442	0,1405	0,0037

Dans ces conditions la concentration a bien lieu dans la partie froide, bien qu'il y ait encore un tube pour lequel le résultat est légèrement négatif. Les chiffres varient d'un

tube à l'autre comme ils variaient pour l'acide chlorhydrique. Ces variations proviennent des imperfections de la méthode. On voit que les chiffres obtenus ne permettent pas de voir l'influence produite par la plus ou moins grande durée de l'expérience ou par la concentration des dissolutions.

Tout ce qu'on en peut conclure c'est que la concentration pour ces deux gaz se fait dans la partie froide et qu'elle est du même ordre que celle trouvée par M. Ch. Soré pour les sels qu'il a étudiés.

Il restait à s'assurer que la concentration dans les tubes en U ne provenait pas d'une distillation de la branche chaude dans la branche froide par l'intermédiaire de la bulle d'air contenue dans le petit tube *a*. Trois tubes incomplètement remplis d'une solution d'ammoniaque dont les fractions chaudes et froides étaient entièrement séparées par de l'air ont donné les résultats suivants.

Durée de l'expérience.	Partie froide.	Partie chaude.	Différence.
1 jour	0,3222	0,1720	0,1502
3 heures	0,2369	0,2028	0,0341
5 heures	0,1418	0,1169	0,0249

Cette concentration d'un ordre plus élevé et obtenue dans un temps beaucoup plus court provient évidemment de distillation. Puisque cette concentration n'a pas été obtenue dans les tubes entièrement remplis, même après plusieurs semaines, c'est que nous n'avions pas alors de distillation, mais bien un état d'équilibre spécial pour une dissolution gazeuse dont deux parties sont portées à des températures différentes.

Laboratoire de physique de l'Université de Genève.



**OBSERVATIONS**  
**SUR**  
**L'ATAVISME DES PLANTES**

**PAR**  
**M. le baron d'ETTINGHAUSEN**  
**ET**  
**M. le prof. KRASAN, de Graz.**

---

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle  
de Genève dans sa séance du 19 décembre 1889.

---

Au printemps 1886, à l'occasion d'une gelée rigoureuse qui avait désolé les forêts et les vignes de la Styrie, nous avons remarqué en plusieurs endroits, sur les chênes, de même que sur les hêtres, des formes de feuilles tout à fait étrangères, apparues sur les rameaux que le givre avait saisis. Ces rameaux et branches minces, bien que paraissant épuisés par les effets destructifs du froid, avaient émis des jets secondaires dont la plupart se sont développés aussitôt que la chaleur du milieu du mois de mai, était devenue plus forte. Mais ce qui devait au coup d'œil, frapper davantage, c'est qu'en voyant ces pousses s'accroître jusqu'à la grandeur ordinaire, l'observateur hésitait pour savoir si l'on avait sous les yeux des chênes et des hêtres de la flore européenne si bien connus, ou

des espèces américaines et des Indes, vu la différence d'avec les types ordinaires. De plus, on remarquait aussi un rapport entre ces types et certaines formes éteintes des deux genres. Il y a une affinité dont personne ne saurait contester l'importance, lorsqu'on les compare avec les espèces fossiles qui ont été trouvées dans les diverses couches du tertiaire.

Le même effet vient d'être observé quand les arbres avaient été endommagés par des hannetons et des chenilles qui avaient dévoré leurs feuilles. Nous nous en sommes aperçus à plusieurs reprises. D'abord nous avons tenu ces phénomènes pour un effet insignifiant et éphémère, ensuite nous leur avons attribué un sens que personne ne pourrait deviner. Enfin, nous ne doutâmes plus que ce ne soit une partie de l'histoire de la plante même, et qu'il ne fallût prendre ces formes comme des restes d'une constitution spécifique de l'arbre, c'est-à-dire comme des éléments de forme qui, autrefois, auraient composé l'espèce dans son entier.

Selon notre opinion, l'espèce tertiaire se serait éteinte peu à peu, pas du tout par l'effacement des individus, — au moins nous le pouvons dire quant aux deux genres en Styrie, — mais en repoussant successivement ses éléments et les remplaçant par d'autres, qui ont fini par donner à l'arbre un aspect tout différent de celui qui marquait les premières étapes de sa formation. Ainsi, l'arbre en se multipliant par des générations innombrables, se serait transformé durant l'époque tertiaire: car la suite des éléments sur la souche-mère, n'est-elle pas ce que nous devons nommer TRANSFORMATION?

Mais dans le cours des périodes, les éléments, tels que la science phytopaléontologique nous les a fait con-

naître, ne se sont pas effacés totalement; quelques rudiments en sont restés, par exemple à la base des rameaux. Ce sont des feuilles la plupart minces, rudimentaires, mais d'autre contour, d'autre nervation que les feuilles normales.

Ici nous venons de signaler un fait curieux et important. C'est que sur ces mêmes individus dont les feuilles, à l'état normal, n'offrent aucune forme singulière, sauf quelques petites différences lorsque leur marche d'évolution périodique a été interrompue, troublée ou dérangée, on voit une foule de formes étrangères, parfois extrêmement bizarres, se détacher. Quelque monstrueuses et énigmatiques que soient celles-ci, il y a sans doute une raison d'être parmi ces phénomènes, c'est-à-dire des liens qui rattachent une forme à l'autre et en même temps à la souche phylogénique d'où sortent toutes les formes que le genre peut produire. Quelle que soit cette souche, quelle que soit l'idée qu'on s'en doive faire, la question si elle avait une existence réelle, ou s'il s'agit d'une souche imaginaire ou idéale, comme dans les minéraux, est le sujet de notre mémoire intitulé : *Beiträge zur Erforschung der atavistischen Formen an lebenden Pflanzen*, présenté à l'Académie des Sciences de Vienne, le 10 nov. 1887.

Il est vrai pourtant, qu'on ne peut dire que l'une de ces formes est dérivée de l'autre; cela semble impossible, ainsi que parmi les cristaux, êtres d'une affinité très idéale. Voilà l'énigme que nous nous efforçons de résoudre (voir le chapitre : *Originalität der Formelemente, Formverwandschaft und Genealogie*).

Quant aux effets des lésions et des dégâts causés autant par le froid que par les insectes, une efficacité accrue a pu être constatée de manière que les arbres qui

ont souffert de la gelée de mai et qui en sont affaiblis, paraissent de beaucoup plus susceptibles. Dans les dérangements exercés par les insectes, une simple piqure ou morsure légère est suffisante pour produire de nombreuses déformations. A l'inverse, on trouvera toujours que les individus qui ont subi de fréquentes lésions par des hannetons ou des chenilles ne résistent que très faiblement au froid, principalement aux gelées blanches, si pernicieuses à la végétation hâtive du printemps.

Les givres de mai dans la période de la feuillaison de la plupart des arbres, sont très fréquents en Styrie. A peine peut-on compter deux années sur cinq où les plantes puissent végéter sans être troublées brusquement par la gelée qui vient interrompre le développement des feuilles et des fleurs, et comme pour achever le désastre, ce sont justement les individus appauvris de force et particulièrement les branches qui ont souffert le plus, qui se voient attaqués et dépouillés par la voracité des insectes.

Il y a surtout quelques endroits de situation peu avantageuse, exposés aux vents et en général aux vicissitudes climatiques où, non seulement en Styrie, mais encore dans les autres provinces sous-alpines, se passent ces phénomènes, dont la vraie nature, vu l'apparition des formes étrangères, n'a pu être encore reconnue. Nous voyons et jugeons seulement les circonstances, ignorant tout à fait la cause principale qu'il faudrait chercher dans la disposition intérieure de la plante même, attendu qu'elle ne se trahit jamais par l'extérieur. Mais cette disposition ou tendance à faire naître tant de formes diverses, celles-ci monstrueuses, celles-là régulières, mais rappelant certains types fossiles, d'autres approchant de quelques formes vivantes de pays éloignés, ou peut-être

représentant des types PROGRESSIFS, d'où vient-elle? Comment la définir? Voilà encore des questions et des points problématiques en abondance.

Pour l'instant, nous croyons devoir nous contenter de poursuivre attentivement ces anomalies lors même que nos vues n'auraient qu'une valeur passagère. Avant de produire les formes anormales, étrangères, c'est-à-dire non propres à la plante vulgaire, il faut sans doute que l'organisme soit ébranlé ou poussé hors du cours de ses procédés de vie ordinaire. Les premières feuilles qui se font voir, sous l'influence immédiate des forces dégénératrices, n'ont d'abord point de contour régulier, elles présentent des formes presque fortuites, accidentelles, à nervures extrêmement brouillées et confuses, à contour en partie effacé ou découpé, comme s'il était corrodé par quelque chenille. Mais lorsque l'arbre sorti de cette crise, commence à se recueillir, peu à peu les irrégularités et les monstruosité vont disparaître, pour être remplacées par des formes symétriques et régulières, quoique étrangères à l'égard du type qu'elles représentent.

Quand une branche est saisie violemment et que les attaques se succèdent plusieurs années de suite, elle ne se rétablit plus, mais avant de s'éteindre tout entière, elle produit diverses formes de feuilles sur des jets retardés, la plupart d'un caractère éphémère; ainsi elle manifeste, pour mieux dire, des souvenirs du passé semblables à des fantômes; mais pour fantastiques que soient ces images, on ne saurait leur contester quelque signification dans l'histoire des espèces de nos Cupulifères dominantes.

Telle est, en termes concis, la substance de nos recherches qui sont basées, d'une part, sur l'étude des formes correspondantes fossiles, d'autre part sur les anomalies

causées par divers dérangements dans les Cupulifères vivantes. Il a fallu en effet, de très nombreuses comparaisons, pour prouver la tendance, propre aux espèces des deux genres, de reproduire parfois certaines formes et ressemblances, qui réfléchissent les types de l'époque tertiaire ou postérieure ou la plus reculée et qu'on peut résumer sous le titre de phénomène d'ATAVISME<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Les diversités singulières des feuilles du chêne avaient été l'objet de deux travaux, l'un de M. A. de Candolle, en 1862 (*Archives des sciences physiques et naturelles* et *Annales des sciences naturelles*), l'autre de M. de Morogues (Orléans, 1876), mais c'était au point de vue de la distinction des espèces. MM. d'Ettinghausen et Krasan ont eu le mérite de constater la cause de certaines modifications de forme des feuilles et celui de les rattacher aux formes de chênes fossiles. Ils ont eu l'obligeance de nous donner en français le résumé ci-dessus des mémoires importants qu'ils ont publié dans les *Denkschriften der Akademie*, de Vienne. Nos lecteurs en sauront gré aux savants paléontologistes de Graz.

(Note de la Rédaction)

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## CHIMIE

C. CULMANN ET K. GASIOROWSKY. ACTION DES SELS D'ÉTAIN SUR LES SELS DES COMBINAISONS DIAZOÏQUES DES CARBURES D'HYDROGÈNE. (*Journ. pr. Chem.*, XL, p. 97, Zurich.)

Effront a déjà étudié cette réaction, mais les produits qui se forment diffèrent suivant les proportions de sels d'étain employées, ainsi en traitant une molécule de chlorure de diazobenzol par une  $\frac{1}{2}$  molécule de sel d'étain les auteurs obtiennent non pas du diphényle comme produit principal mais 23 % de diazobenzolimide à côté d'un peu de chlorbenzol, phénol, benzol et diphényle et de l'aniline ; en doublant la proportion de sel d'étain il se forme 14 % de benzol et beaucoup moins de chlorbenzol et phénol ; un grand excès de sel d'étain donne 35 % de benzol et 4 % de diphényle mais point de chlorbenzol. Une demi-molécule de sel d'étain agissant sur le sulfate de diazobenzol en présence d'un excès d'acide sulfurique, donne peu de chlorbenzol, point de diphényle, beaucoup de phénol et de diazobenzolimide ainsi que de benzol. La diazotoluolimide (o et p) peut s'obtenir de la même façon. Le formiate de diazobenzol avec une demi-molécule de sel d'étain et de l'acide formique fournit 14 % de benzol (en poids de l'aniline), 9 % de diphényle et environ 9 % de diazobenzolimide. Le sulfate de  $\beta$  diazonaphtaline traité de même donne de la naphthaline et de la diazonaphtalineimide. Le brome agit facilement sur la diazobenzolimide, il se forme de la tribromaniline



L'o. et p. diazotoluolimide réagissent d'une manière analogue; enfin si on nitre avec précaution la diazobenzolimide il se forme la p. nitrodiazobenzolimide  $\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{N}$ , qui réduite donne de la p. nitraniline ou de la p. phénylénediamine.

---

G. LUNGE. AMÉLIORATIONS DANS LA FABRICATION DE L'ACIDE SULFURIQUE. (*Zeit. ang. Chem.*, 1889, p. 385, Zurich.)

Les recherches de Lunge, Schertel et Sorel ont montré qu'il est fort important dans la fabrication de l'acide sulfurique, que les gaz mélangés de gouttelettes liquides se trouvent en contact avec de grandes surfaces solides, l'auteur propose avec L. Rohrmann, pour obtenir ce résultat, la construction d'une tour, renfermant des plaques d'argile cuite et recouvertes d'un manteau de plomb, ces plaques sont percées de trous ayant de 5-10<sup>mm</sup> et pourvues à la face supérieure de petites rigoles se croisant entre elles, qui retiennent un peu le liquide avant qu'il ne passe par les ouvertures où il se trouve en contact avec les gaz ascendants. Cette tour permet de diminuer considérablement les chambres de plomb et les vapeurs nitreuses n'y sont pas réduites comme par le coke de la tour de Gay-Lussac; chaque tour est formée d'un cylindre de plomb d'environ 4<sup>m</sup> de diamètre renfermant 25-40 plaques placées les unes au-dessus des autres.

---



COMPTE RENDU DES SÉANCES  
DE LA  
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES  
A LAUSANNE

---

*Séance du 20 novembre 1889.*

M. de Blonay, ingénieur. Méthode forestière dite du contrôle. — M. Henri Dufour. Analyse spectrale des liquides de M. F.-A. Forel.

M. H. DE BLONAY, ingénieur, communique une note sur la méthode forestière dite du contrôle trouvée par M. Gurnaud. Cette méthode consiste : 1° à traiter les forêts en futaie jardinée avec des dénombrements périodiques fréquents qui servent à fixer exactement l'accroissement et la possibilité; 2° à établir la proportion des gros, moyens et petits bois dans la composition du peuplement; 3° à déterminer exactement le moment où un arbre doit être abattu quels que soient son âge, son essence ou le milieu où il a crû, et cela en se basant sur son accroissement.

M. Henri Dufour, prof. donne le résultat de mesures faites sur la demande de M. le prof. Forel pour déterminer les qualités spectrales des liquides colorés que M. Forel emploie. Ces liquides, on le sait, sont formés du mélange d'une couleur jaune (chromate neutre de potassium) et d'une couleur bleue (solution ammoniacale de cuivre). On obtient ainsi tous les tons verts du bleu au jaune auxquels correspondent les couleurs des eaux des lacs.

D'après les mesures de M. Dufour les *tons* des deux couleurs extrêmes jaune et bleue, c'est-à-dire leur rang spectral correspondrait pour le jaune à une largeur d'onde de 579

millionnièmes de millimètre, le bleu correspond à 457 $\mu$ ; un liquide vert formé de 80 % de bleu et 20 % de jaune correspond à 487,5 $\mu$ . M. Dufour décrit les procédés employés pour faire ces mesures. (Voir aux mémoires).

*Séance du 4 décembre.*

M. F.-A. Forel, prof. Thermométrie des lacs. — M. Guillemain, ing. Influence des poussières cosmiques sur la surface du sol (suivi de deux notes de MM. Ch. Dufour et Eug. Renevier, professeurs). — M. Henri Dufour, prof. Résumé météorologique du mois de novembre. — M. le D<sup>r</sup> Schardt. Formation éolienne observée en Valais. — M. Brunner, prof. Synthèse des dichroïnes.

M. F.-A. FOREL expose une application de sa méthode de balance thermique des lacs (*Archives*, III, 513, 1880) qui lui permet, par une seule série de sondages thermométriques, à la fin de l'été, de connaître la quantité de chaleur emmagasinée dans l'eau depuis l'hiver précédent. C'est dans les lacs de grande profondeur, dont la température abyssale ne descend pas au-dessous de 4° (lacs de type tropical); dans de tels lacs, la température, à la fin de l'hiver, s'est uniformisée, ou, à peu près, dans toute la masse de l'eau.

D'après des sondages effectués en septembre 1889, dans des lacs cisalpins et transalpins, on trouve les chiffres suivants pour la quantité de chaleur accumulée pendant l'été.

	Température abyssale degrés	Chaleur accumulée	
		par unité de sur- face de 1 dm <sup>2</sup> . calories	sur la masse totale du lac. mille milliards de calories <sup>1</sup>
Léman	4.7°	3930	227
IV Cantons	4.6	2880	32
Verbano	5.7	6520	140
Lario	6.1	3280	51
Ceresio	5.3	2980	15

La limite de la couche stratifiée thermiquement à la fin de

<sup>1</sup> 10<sup>12</sup> calories.

l'été, soit la profondeur limite de la variation annuelle, était entre 100 et 120 m. pour le lac des IV Cantons, entre 120 et 150 m. pour les quatre autres lacs.

La comparaison des faits thermiques que présentent les trois lacs de l'Insubrie, qui sont dans des conditions climatiques à peu près semblables, semble indiquer :

1° Que la température abyssale est d'autant plus élevée que le lac est plus profond (ou plus probablement que sa profondeur moyenne est plus grande).

2° Que la chaleur emmagasinée dans le lac pendant la saison chaude est d'autant plus forte, pour l'unité de surface, que le lac est plus étendu et plus agité par les vents, les vagues et les courants.

Un lac est un puissant modérateur du climat. La quantité de chaleur accumulée dans le Léman pendant l'été de 1889 est égale à celle que donnerait la combustion de 31 millions de tonnes de charbon, soit le chargement d'un train de houille de 18 mille kilomètres de longueur, presque aussi long que le méridien de la terre allant d'un pôle à l'autre.— La plus grande partie de cette chaleur est livrée à l'air de la vallée pendant la saison froide, ce qui adoucit nos automnes et nos hivers.

**M. GUILLEMIN**, ingénieur. Les anneaux de poussières cosmiques qui entouraient l'orbite terrestre dans les anciens temps, ont exercé une grande influence, non seulement sur le climat, mais aussi sur le relief du sol. Ces matériaux cosmiques ont dû, à différentes époques, donner lieu à d'abondantes pluies d'étoiles filantes ou de météorites. La masse de la terre a augmenté, son mouvement de rotation s'est ralenti, la force centrifuge a diminué et avec elle, le renflement équatorial. En d'autres termes, l'ellipsoïde terrestre est successivement rapproché de la forme sphérique, qui est le corps présentant le minimum de surface pour un volume donné. En conséquence, la surface a dû nécessairement diminuer. Il est résulté de ce fait des pressions latérales considérables, qui ont ondulé, plissé ou disloqué le sol en donnant lieu à la formation de chaînes de montagnes.

Ces anneaux de poussières cosmiques n'ont probablement

pas atteint l'orbite de Jupiter, ce qui permet de donner la raison de la division des planètes en deux classes : l'une à faible densité et à rotation rapide, l'autre de densité plus forte et à rotation lente. (Voir au bulletin.)

M. Ch. DUFOUR, de Morges : J'ai été vivement intéressé par les idées que vient d'émettre M. Guillemin.

Cependant, je dois déclarer que ce n'est pas moi qui ai attribué le ralentissement de la vitesse de rotation de la terre à la chute des aérolithes et des étoiles filantes ; mais, précédemment, je leur avais attribué l'accélération de la marche de la lune, parce que la chute de ces météorites, en augmentant la masse de la terre, devait augmenter la vitesse de son satellite. Les calculs faits à ce sujet ont été reproduits plusieurs fois, et dernièrement encore dans le Journal du Ciel du 16 juillet 1889. Ce calcul montre que si la densité des météorites est égale à la densité moyenne de la terre, il suffirait qu'ils augmentent le rayon de la terre de 2,45 millimètres par siècle, pour produire, pendant le même temps, une accélération de 1" sur la marche de la lune.

Et une augmentation de ce rayon de 17 millimètres expliquerait l'accélération séculaire de 7", ce qui est à peu près la quantité constatée, mais inexpliquée par d'autres causes.

Or les météorites qui tombent sur la terre sont plus nombreux qu'on ne le croyait autrefois ; puis la quantité des étoiles filantes est considérable, surtout pendant les pluies d'étoiles qui ont lieu de temps en temps en août et en novembre. Rappelons seulement que le 13 novembre 1833, on a estimé à New-York le nombre des étoiles filantes au double de celui des flocons de neige que l'on voit pendant une forte averse.

Ensuite des beaux travaux de M. Schiaparelli, on sait que ces étoiles sont des débris de queues de comètes ; ou si l'on veut des épaves de queues de comètes, c'est-à-dire de la matière pondérable. Je n'ai nulle envie de faire ici des suppositions, comme cependant on en a fait quelquefois sur le poids de chacune de ces étoiles filantes, et de chercher à apprécier le nombre de grammes qu'elles apportent dans notre atmosphère ; mais quel que soit le poids de chacune d'elles, il est

certain que le poids de leur ensemble avec le poids des aéro-lithes n'est pas un infiniment petit. Et soit que cette substance tombe sur la terre en poussière, soit qu'elle reste suspendue dans notre atmosphère, ou bien qu'elle soit entraînée par les eaux au fond des mers, il n'importe, c'est toujours une augmentation de masse pour notre planète; et il est fort possible que ces débris qui tombent en un siècle, correspondent à une augmentation de  $17^{\text{m}}$  du rayon de la terre, ce qui expliquerait  $7''$  d'accélération sur la marche de la Lune.

J'irai même plus loin. Si cette augmentation de vitesse de notre satellite peut être constatée avec une grande précision et qu'il soit possible de faire avec certitude la part qui peut être attribuée à d'autres causes, comme Laplace l'a recherché; le surplus nous donnerait le moyen le plus exact de déterminer quelle est la masse de la matière cosmique qui pendant ce temps nous est apportée du reste de l'univers, soit par la chute des aéro-lithes, soit par l'introduction des étoiles filantes dans notre atmosphère.

Quant à la pensée de M. Guillemin, d'attribuer à la chute des météorites le fait que les planètes situées près du Soleil ont une rotation plus lente que les planètes, telles que Jupiter et Saturne, plus éloignées de cet astre; il y a là une idée qui paraît juste. On peut discuter la question de quantité, mais en considérant la longueur des périodes géologiques, il peut se faire que la somme de ces quantités très faibles, si on les prend isolément, finissent par produire des valeurs appréciables comme le pense M. Guillemin.

Plus tard, après la question que m'a adressée M. Henri Dufour sur l'augmentation de la valeur de  $g$  et les conséquences qui doivent en résulter pour la marche du pendule j'ai dit :

Il est incontestable que la chute des météorites, en augmentant la masse de la terre, doit augmenter aussi la valeur de  $g$  et accélérer la marche du pendule; mais cette accélération est si faible qu'il ne me semble pas qu'elle puisse être constatée par les moyens dont on dispose actuellement, elle est certainement bien plus faible que les autres erreurs, dont malgré tous les soins imaginables, il est impossible de s'affranchir entièrement par l'observation du pendule. Dans

l'état actuel de nos connaissances, je crois que la meilleure manière de constater l'augmentation de la masse de la terre est encore l'observation de la marche de la Lune. Cette marche est observée depuis plus de deux siècles à l'Observatoire de Greenwich avec des soins tels que pour la question qui nous occupe, il ne paraît guère possible d'obtenir une précision supérieure par des observations différentes.

M. Henri Dufour vient de nous dire que plusieurs savants ont émis l'idée que la valeur de  $g$  éprouvait peut-être certaines variations périodiques. Je ne le crois pas, car une telle variation se traduirait immédiatement par une variation correspondante dans la marche de la Lune, et l'on ne tarderait pas à s'en apercevoir dans les observatoires où l'on s'occupe spécialement de la marche de cet astre, et cela même quand cette variation serait très faible.

A propos de la communication de M. Guillemin, M. RENEVIER, prof. fait remarquer à ce dernier que les mouvements du sol ne sont pas aussi spécialisés à certains moments qu'il paraît le croire. Il y en a eu à toutes les époques, et si nous connaissions bien l'orographie de toute la surface du globe, on verrait que ces dislocations ont été à peu près continues, sur un point ou sur un autre. L'idée de M. Guillemin est ingénieuse, mais elle devrait être contrôlée d'une manière plus approfondie, avant qu'on puisse la substituer à l'hypothèse généralement admise de la contraction du globe par refroidissement.

Répondant à une question posée par M. le prof. Odin, M. Renevier dit que l'hypothèse en cours, qui attribua le plissement des couches au refroidissement du globe, repose sur l'idée que les liquides diminuent de volume plus rapidement que les solides, sous l'influence du refroidissement. L'écorce ou *lithosphère*, ayant atteint un certain degré de rigidité, est obligée de se rider pour suivre au mouvement de contraction de l'*endosphère* plus ou moins liquide ou fluide, comme la peau de la pomme se ride, lorsque celle-ci diminue de volume en se desséchant. C'est là l'explication habituelle, dont M. Renevier ne prétend pas d'ailleurs garantir l'exactitude.

M. Henri Dufour donne le résumé météorologique du mois

de novembre 1889. Ce mois a présenté les caractères suivants :

Température  $4^{\circ},2$  au lieu de  $4^{\circ},5$ , minimum — 4 le 29, maximum 14, les 1, 4 et 10 ; baromètre élevé 719<sup>mm</sup> au lieu de 712,5, les hautes pressions ont dominé pendant ce mois avec régime prédominant des vents du N. et du S.-E. Pluie faible 33<sup>mm</sup>,5 en 9 jours, la moyenne est 97<sup>mm</sup>,9 en 13 jours. Temps généralement couvert  $75 \frac{1}{2}$  de soleil seulement en 19 jours.

M. Dufour donne quelques détails sur les inversions de la température qui se sont produites pendant ce mois du 19 au 25 novembre en particulier. On constate dans cette période que la température au Sântis est égale ou supérieure à celle de la plaine et cela à 7 h. du matin, ainsi le 21 novembre. Pendant ce régime de hautes pressions le brouillard s'est abaissé lentement ; M. Dufour montre un graphique de cet abaissement lent de la zone des brouillards.

M. le Dr SCHARDT présente un échantillon de *grès mollassique* renfermant des morceaux d'ambre assez volumineux. Ce grès est exploité dans une carrière près de la source de la Versoix, près Thonon, il est identique au grès des Allinges qui a également fourni de l'ambre.

M. Schardt parle en second lieu d'une formation éolienne observée dans le Bas-Valais, entre Outre-Rhône et Morcles sur le flanc de la vallée au pied des Dents de Morcles. C'est un sable fin micacé qui se trouve dans toute cette région à 200 et 300 mètres au-dessus du fond de la vallée. Dans sa composition, ce sable ressemble à un sablon fin de rivière, tel que le dépose le Rhône sur son bord. Mais l'absence de stratification ne permet en aucune façon de l'assimiler à un dépôt de ce genre. Sa situation sur une pente dès longtemps abandonnée par les eaux du fleuve et sur laquelle ce sable remplit de légers enfoncements, sa nature homogène qui ne varie guère qu'avec la hauteur, ou très insensiblement, le caractérisent absolument comme dépôt formé par le vent. La région de ce gisement est du reste toute propice pour cela. La vallée du Rhône fait un coude brusque un peu en amont de Dorénaz ; le vent souvent très violent dans cette

région, subit par ce fait, lorsqu'il descend la vallée, un ralentissement considérable et est rejeté sur le versant nord; de cette manière, le sable qu'il soulève en balayant le flanc desséché de la montagne en dessous de Fully, est déposé sur le gazon qui le retient et ne cesse pas pour cela de végéter; les coquilles des mollusques vivant sur place sont ainsi ensevelies. M. Schardt a constaté : *Cæcilianella (Acicula) acicula* Mull., *Bulimus quadridens* Mull., *Pupa muscorum* L., *Helix pulchella* Drap., *H. ericetorum* Mull., etc.

M. H. BRUNNER, prof. informe la Société qu'il a réussi à faire la synthèse des matières colorantes auxquelles il a donné le nom de « dichroïnes » (et dont il a déjà entretenu la Société) en faisant agir le nitroprussiate de sodium et l'acide sulfurique concentré sur les phénols monatomiques et les phénols biatomiques de la série « méta. » Cette synthèse confirme de nouveau ses travaux précédents sur la même matière.



# COMPTE RENDU DES SÉANCES

## DE LA

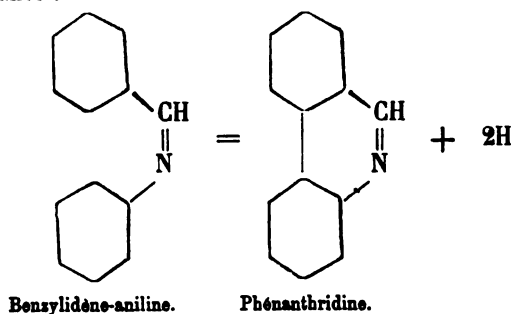
### SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

*Séance du 20 décembre 1889.*

A. Pictet et H.-J. Ankersmit. Phénanthridine. — S. Levy et E. Bader. Action de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle. — C. Græbe et L.-W. Weltner. Préparation et réactions du bromanile. — C. Græbe et O. Schulthess. Thioxanthone.

M. A. PICTET décrit une nouvelle base de la série pyridique qu'il a obtenue et étudiée avec M. H.-J. ANKERSMIT. Ce corps, qui possède la formule  $C_{11}H_7N$  et qui est isomérique avec l'acridine et les naphthoquinolines, doit être considéré, d'après son mode de formation, comme du phénanthrène dans lequel un des groupes CH du noyau central serait remplacé par un atome d'azote. Les auteurs lui donnent le nom de *phénanthridine*.

Cette base se forme, à côté d'une série d'autres corps qui seront étudiés plus tard, lorsqu'on fait passer les vapeurs de la benzylidène-aniline à travers un tube chauffé au rouge vif. Il y a élimination de deux atomes d'hydrogène et soudure des noyaux benzéniques, ainsi que le montre l'équation suivante :



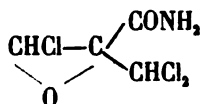
Séparée du produit de l'opération au moyen de son sel de mercure, la phénanthridine se présente sous la forme de fines aiguilles blanches, qui sont très peu solubles dans l'eau, mais se dissolvent facilement dans les acides, l'alcool, l'éther, le benzol, le chloroforme, etc. Les solutions dans l'eau ou les acides possèdent une belle fluorescence bleue.

La phénanthridine fond à  $104^{\circ}$  et distille sans décomposition au-dessus de  $360^{\circ}$ . Son odeur est piquante et provoque l'éternuement, quoique à un degré beaucoup moindre que l'acridine. C'est une base tertiaire; elle forme avec les acides des sels jaunes, en général très bien cristallisés; plusieurs d'entre eux ont été préparés et analysés.

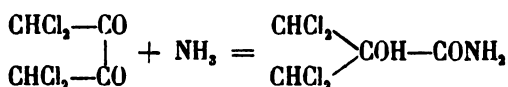
On voit que par toutes ses propriétés la nouvelle base se rapproche beaucoup de l'acridine. La différence la plus remarquable entre les deux isomères réside dans la manière dont ils se comportent vis-à-vis des agents réducteurs. On sait que l'acridine fournit par réduction un dérivé dihydrogéné, l'hydroacridine, qui ne possède plus de propriétés basiques. La phénanthridine au contraire est transformée par l'étain et l'acide chlorhydrique en une base secondaire. Cette différence doit être attribuée à la position de l'atome d'azote dans la molécule des deux isomères et vient confirmer la formule indiquée plus haut pour la phénanthridine.

M. S. LEVY revient sur un corps de la formule  $C_8H_4Cl_2NO_2$ , mentionné dans la précédente séance par M. Witte<sup>1</sup>. Ce corps, qui avait été préparé en faisant réagir l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle, avait été d'abord regardé, malgré son manque de coloration, comme un trichloramidodiacétyle,  $CHCl_2-CO-CO-CHCl-NH_2$ . De nouvelles expériences de MM. LEVY et E. BADER ont montré son identité avec l'*amide trichloropropylène-oxycarbonique* que MM. Levy et Curchod ont obtenue en traitant l'amide tétrachloroxyisobutyrique par le carbonate de soude, et qui, d'après ce mode de formation, ne peut avoir que la formule suivante :

<sup>1</sup> *Archives*, XXII, 77.



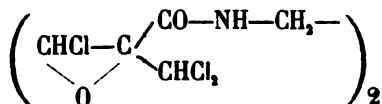
Il y aurait donc dans la réaction de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle une transposition d'atomes analogue à celle qui s'observe dans la transformation du benzile en acide benzilique :



L'amide tétrachloroxyisobutyrique qui prendrait ainsi naissance se convertirait, par perte d'une molécule d'acide chlorhydrique, en amide trichloropropylène-oxycarbonique. Les auteurs ont du reste constaté que la réaction inverse a lieu lorsqu'on traite ce dernier dérivé par l'acide chlorhydrique.

A côté du corps  $\text{C}_4\text{H}_4\text{Cl}_4\text{NO}_2$ , il se forme dans la réaction de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle une huile lourde, volatile avec les vapeurs d'eau, et dont l'étude a été commencée.

Il résulte des considérations précédentes que le produit de l'action de l'éthylène-diamine sur le tétrachlorodiacétyle ne possède très probablement pas la constitution que lui a attribuée M. Witte, mais qu'il faut lui assigner la formule suivante :



M. le prof. GRÆBE rappelle que dans la dernière séance il a décrit une méthode de préparation du chloranile au moyen de la para-phénylène-diamine; il ajoute qu'à son instigation M. L.-W. WELTNER s'est occupé de la préparation analogue du bromanile, et qu'il s'est arrêté, après de nombreuses expériences, au procédé suivant :

3 gr. de phénylène-diamine sont dissous dans 40 cm. cubes d'acide acétique concentré; à cette solution on ajoute 150 cm. cubes d'eau et 40 cm. cubes de brome, et on abandonne le tout à la température ordinaire pendant deux jours. Il se dépose peu à peu une résine noire et des cristaux jaunes; ceux-ci séparés par filtration, constituent le bromanile presque pur. Quant à la résine, elle peut être également convertie en bromanile par un traitement à l'acide nitrique étendu sur le bain-marie. De cette manière les 3 gr. de phénylène-diamine employés fournissent 5 gr. de bromanile. Celui-ci peut être facilement purifié par cristallisation dans le chloroforme et fond alors un peu au-dessus de 300°.

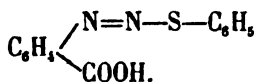
Les sulfites transforment le bromanile, comme le chloranile, en sulfonates; une solution concentrée de sulfite de potasse fournit le *thiochromate de potassium*; au moyen du bisulfite on obtient le *disulfonate de la dibromohydroquinone*,  $C_6Br_2(OH)_2(SO_3K)_2$ .

Le bromanile est converti par le pentabromure de phosphore en hexabromobenzol, et par le pentachlorure de phosphore en hexachlorobenzol.

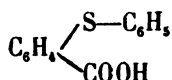
Le sulfhydrate de potasse dissout facilement le bromanile en transformant en un corps qui est probablement analogue à celui que fournit le chloranile dans les mêmes conditions. Chez ce dernier, ainsi que l'a constaté M. Græbe, un seul atome de chlore est remplacé par le groupe SH, tandis que dans toutes les autres réactions du chloranile il y a généralement élimination de 2 ou de 4 atomes de chlore.

M. GRÆBE parle ensuite de la *thioxanthone*, découverte il y a quelques années par M. le Dr Ziegler. D'accord avec ce dernier, il a engagé M. O. SCHULTHEISS à continuer l'étude de ce corps. Les réactions au moyen desquelles on obtient la thioxanthone sont les suivantes :

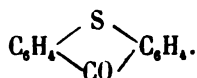
Le thiophénol se combine en solution alcaline avec l'acide orthodiazobenzoïque, en fournissant un composé auquel l'analyse assigne la formule



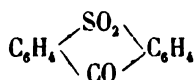
Celui-ci est converti par un excès de soude en acide phénylthiosalicylique



que l'acide sulfurique transforme en thioxanthone



Par oxydation de la thioxanthone on obtient la benzophénone-sulfone



découverte par M. Beckmann, et qui possède un intérêt particulier en raison de son analogie avec l'anthraquinone.

A. P.

# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

---

*Séance du 19 décembre 1889.*

J.-L. Soret et A. Billiet. Absorption des rayons ultra-violetes par différentes substances. — P. van Berchem. Inégale concentration d'une dissolution gazeuse dont deux parties sont maintenues pendant un temps prolongé à des températures différentes. — Von Ettinghausen et Krasan. Observations sur l'atavisme des plantes. — E. Gautier. Mort de Respighi. — R. Chodat. Classification des Polygalacées. — Gräbe. Lampe à microscope. — L. Duparc et Basff. Échelle pour l'étude du trouble des eaux bourbeuses.

M. J.-L. SORET communique en son nom et au nom de M. Alb. RILLIET une étude *sur l'absorption des rayons ultra-violetes par différentes substances*<sup>1</sup>.

M. Paul VAN BERCHEM complète une communication antérieure qu'avait faite en son nom M. C. Soret sur une étude relative à *l'inégale concentration d'une dissolution gazeuse dont deux parties sont soumises pendant un temps un peu prolongé à des températures différentes* et expose les résultats définitifs qu'il a obtenus dans ces recherches<sup>2</sup>.

M. DE CANDOLLE montre des échantillons de feuilles très diverses de chêne, prises sur un même arbre. Elles lui ont été envoyées par MM. le baron d'Ettinghausen et Krasan, à l'appui de leurs mémoires publiés dans les *Abhandlungen*

<sup>1</sup> Voir ci-dessus p. 5.

<sup>2</sup> Voir ci-dessus p. 70.

de l'Académie de Vienne et du résumé en français, rédigé par eux pour les *Archives des sciences physiques et naturelles*<sup>1</sup>. On remarque la différence des feuilles quand un chêne a souffert, l'année précédente, de la gelée ou des hannetons. Elles sont alors simples ou peu lobées, et se rapprochent des formes de plusieurs chênes fossiles de l'époque tertiaire.

M. E. GAUTIER a le regret d'annoncer à ses collègues le décès du prof. Lorenzo Respighi, membre honoraire de la Société depuis 1881.

Respighi, né en 1824, est mort à Rome le 10 décembre courant. Il y occupait la place de directeur de l'Observatoire du Capitole depuis 1865, tout en étant professeur d'astronomie et d'optique à l'Université. Avant d'occuper cette position, il avait enseigné à l'Université de Bologne. Dans ces deux résidences, il avait déployé une activité remarquable, s'étendant à toutes les branches de l'astronomie et de la géodésie, et il laisse de nombreux travaux imprimés surtout dans les publications de l'Accademia dei Lincei.

M. R. CHODAT, présente une note relative à la *Délimitation des genres dans la famille des Polygalacées*. Bentham et Hooker dans leur *Genera Plantarum* ont décrit 16 genres de Polygalacées, Polygala, Salomonina, Badiaria, Monnina, Muraltia, Mundtia, Comesperma, Bredemeyera, Securidaca, Carpolobia, Phlebotænina, Trigoniastrium, Xanthophyllum, Moutabea, Krameria. M. A.-W. Bennet leur ajoute encore deux autres genres : Ancanthocladus Klotzsch et Hualania Philippi. Or deux de ces genres doivent être maintenant définitivement exclus de la famille des Polygalacées : ce sont Krameria et Trigoniastrium. Ni l'un ni l'autre ne possèdent le pollen caractéristique de cette famille si naturelle, leur orientation florale est différente. Comme Grisebach l'a déjà démontré il faut faire des Krameria une petite famille se rattachant aux Légumineuses (Césalpiniées), à cause de leur orientation florale, et de leurs feuilles typiquement compo-

<sup>1</sup> Voyez ci-dessus, p. 76.

sées. Quant à *Trigoniastrium* ses affinités sont très obscures, il conviendrait cependant de le rattacher aux *Vochysiacees* par les *Trigoniées* dont il a la structure florale. En outre *Badiera*, *Phlebotœnia* et *Acanthocladus* ne sont pas génériquement distincts de *Polygala*, ils possèdent en effet la capsule et la structure florale de ce genre si variable. *Salomonina*, au contraire, qui a été réuni à *Polygala* par M. Baillon, s'en distingue par la suppression d'un verticille d'étamines, par ses fleurs en épis, et ses capsules à la fois loculicides et septifrages. *Bredemeyera* et *Comesperma*, ainsi que *Hualania*, forment un genre unique dont ils ne sont que des sections. En effet, *Comesperma* ne diffère de *Bredemeyera* que par son port, ses feuilles beaucoup plus petites, ses inflorescences en grappes et non en panicule, et par le tube staminal subdiadelphé tandis qu'il est submonadelphé chez l'autre.

Le caractère de l'indument des semences indiqué par M. A. W. Bennet n'est pas réel; on peut constater en effet tous les passages entre les graines chevelues sur toute leur surface ou seulement au sommet. C'est pour la même raison qu'il faut réunir à ce genre *Hualania* de Philippi.

Bentham et Hooker ainsi que M. Bennet considèrent *Xanthophyllum* et *Moutabea* comme anormaux. Ils constituent au contraire un type tendant à la régularité florale : leurs 5 pétales sont parfaitement formés. Quoiqu'il en soit ils représentent les deux extrémités de la chaîne des genres polygalacéens, car si *Xanthophyllum* est le type le plus antholysé, c'est-à-dire celui où les organes floraux montrent le moins d'adhérence, *Moutabea* nous montre celui où tous les verticilles à l'exception du gynécée, sont soudés en un tube complet.

Les autres genres se groupent en deux séries, la première représentée par les genres *Polygala*, *Securidaca*, *Monnina*, *Bredemeyera*, où l'étamine médiane de chaque verticille a été supprimée, c'est-à-dire qui compte 8 étamines normales, la seconde représentée par *Muraltia*, *Mundia* (et non *Mundtia* comme l'écrivent Bentham et Bennet) et *Carpolobia*, où le verticille extérieur staminal est comme dans la première série, mais où il y a développement de l'étamine



médiane dans la seconde série, avec suppression des deux étamines opposées aux pétales supérieurs.

*Diagnoses generum Polygalacearum.*

A. Stamina 8; corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa; petala 5, quorum duo lateralia aut desunt aut squamiformia apparent; sepala libera.

*Polygala* L. Herbæ vel frutices, foliis alternis, oppositis, vel verticillatis. Carina cristata vel nuda. Fructus capsularis, bilocularis, loculicide dehiscens, septo persistente. Semina varia, strophiolata vel non. (Totius orbis terrarum).

*Brodemeyera* Wildn. Herbæ, vel frutices scandentes, foliis alternis. Carina nuda. Fructus capsularis, bilocularis, loculicide dehiscens, septo persistente, spathulatus, longe basi attenuatus. Semina coma longissima donata (americanæ et australenses).

*Securidaca* Linn. Suffrutices vel frutices, foliis alternis. Carina nuda vel cristata. Fructus monospermus, indehiscens, siccus, ala sæpe magna e facie ventrali proveniente, samaroides; semen estrophiolatum (americ., afric., asiaticæ).

*Monnina* Ruiz et Pav. Herbæ vel suffrutices, foliis alternis. Carina ecristata. Fructus siccus, indehiscens, bilocularis, dispermus vel sæpius monospermus, nunc ala membranacea cinctus, nunc exalatus (americanæ).

B. Stamina 4 vel 5, corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa; sepala libera.

*Salomonina* Lour. Herbæ, foliis alternis. Petala 3, superiora et inferius. Carina ecristata. Fructus capsularis, bilocularis, margine dentatus, loculicide dehiscens, septo transverse fracto ita ut valvæ duæ formentur (asiaticæ).

C. Stamina septem; corolla ope tubi staminalis plus minusve gamopetala, postice fissa, petala 5 quorum duo lateralia sæpe desunt; carina cristata vel ecristata; sepala libera.

*Muralia* Neck; Herbæ vel suffrutices, foliis fasciculatis, sepala subæqualia. Carina cristata. Petala lateralia desunt. Fructus capsularis, bilocularis, apice sæpissime 4 cornis, loculicide dehiscens (africanæ).

*Mundia* H. B. K. suffrutices, foliis alternis, coriaceis minimis. Sepala inæqualia, 2 aliformia. Petala lateralia desunt vel squamiformia. Fructus drupaceus, bilocularis, dispermus vel monospermus. Semina nuda (africanæ).

*Carpolobia* Don. Suffrutices foliis herbaceis, beneevolūtis, alternis. Sepala inæqualia, duo aliformia. Petala 5, æquilonga, Fructus drupaceus bilocularis. Semina pilis densissimis, crispulis lanata.

D Stamina 8; petala 5 subæqualia haud in tubum coalita, staminum filamenta haud in tubum concrenentia. Ovarium uniloculare, placentis parietalibus; ovulis in quaque placenta biseriatis. Fructus nucamentaceus, monospermus.

*Xanthophyllum* Roxb. Arbores vel frutices, foliis alternis coriaceis, magnis. Discus inter androceum et gynæceum.

E. Stamina 8; sepala, petala (5) ope tubi staminalis in tubum haud fissum coalita. Ovarium  $\infty$  locale.

*Moutabea* Aubl. Frutices; antheræ sessiles; stigma capitatum.

Les caractères anatomiques ainsi qu'il ressort de l'examen d'un très grand nombre d'espèces appartenant aux différents genres ne peut servir pour distinguer les genres les uns des autres. Une exception remarquable font *Xanthophyllum* et *Moutabea* où le faisceau unique du pétiole devient annulaire tandis qu'il est ouvert chez les autres. Chez *Xanthophyllum* il se forme à l'intérieur de ce faisceau annulaire des faisceaux secondaires dont l'orientation n'est pas semblable. Les caractères anatomiques différentiels indiqués par M. Vesque dans les Nouveaux Mémoires du Museum ne sont pas constants et sont même loin d'avoir une portée générale.

M. le prof. GRÆBE décrit une nouvelle lampe à microscope, depuis quelque temps dans le commerce, dans laquelle la lumière de la source, flamme ou autre, entièrement masquée par un tube opaque est conduite sous le porte-objet par une baguette de verre recourbée suivant le principe de l'expérience de M. Colladon sur la transmission de la lumière dans la veine liquide.

M. DUPARC en collaboration avec M. BAEFF ont eu l'occasion pendant le cours d'un travail sur la nature des eaux de l'Arve de rechercher un procédé rapide pour déterminer l'opacité des eaux de cette rivière. Dans ce but ces Messieurs ont construit une échelle d'opacité composée de 12 termes,

de la manière suivante : 1 gr. de limon lacustre (grand lac) exempt de sable est délayé dans 1 litre d'eau. Une partie de cette solution (100 cent. cubes) est enfermée dans un tube de verre mince de 40 cent. de haut, 1  $\frac{1}{2}$  cent. de diamètre et forme le n° 12 de l'échelle, tandis que le n° 1 est simplement représenté par de l'eau pure contenue dans un tube identique.

Les termes compris entre 12 et 1 sont obtenus par dilution successive de différentes portions de la solution mère (n° 12) convenablement agitée pour la rendre bien homogène. Voici dans leur ordre les termes de cette échelle avec leur teneur correspondante en matériaux en suspension.

N° 12	=	1	gr. p. litre.
11	=	0,8	.
10	=	0,6	.
9	=	0,5	.
8	=	0,4	.
7	=	0,3	.
6	=	0,2	.
5	=	0,1	.
4	=	0,05	.
3	=	0,025	.
2	=	0,01	.
1	=	—	.

Cette graduation bien qu'arbitraire est celle qui nous a paru le mieux convenir pour les eaux de l'Arve. Le n° 12 toutefois est peut être un peu faible pour les fortes crues qui roulent des eaux excessivement bourbeuses.

Les différents tubes renfermant ces solutions ont été fermés à la lampe et peuvent fonctionner longtemps, si l'on a soin de les remuer chaque jour pour éviter un tassement de matières au fond du tube.

Pour déterminer l'opacité d'une eau on l'introduit dans un tube semblable à ceux de l'échelle, puis en regardant par transparence à travers celui-ci on cherche de quel terme de l'échelle l'eau en question se rapproche le plus; on lui donne alors comme opacité le chiffre correspondant; si elle est comprise entre deux termes 8 et 9 par exemple; on prendra la moyenne soit 8  $\frac{1}{2}$ .

Ce procédé rapide donne, comme on le voit facilement, non pas l'opacité absolue, c'est-à-dire la profondeur à laquelle la lumière pénètre dans l'eau, mais plutôt son degré de limpidité.

Il est évident qu'avant chaque opération il faut avoir soin d'agiter les différents tubes, pour rendre leur contenu homogène.

*Séance du 2 janvier 1890.*

R. Gautier. Installation d'un anémomètre enregistreur à l'observatoire de Genève. — Rilliet, de la Rive, Sarasin. Analyse de divers travaux.

M. RAOUL GAUTIER signale l'installation toute récente à l'Observatoire d'un nouvel instrument venant compléter l'ensemble des appareils enregistreurs établis depuis quelques années sous la direction de M. le colonel Émile Gautier. Le nouvel instrument est un *anémomètre-enregistreur* sorti des ateliers de la maison Richard frères à Paris et destiné à fournir deux éléments importants en météorologie, la direction et la vitesse du vent.

A cet effet l'appareil se compose d'une girouette et d'un moulinet montés sur un tube de fort diamètre s'élevant à une hauteur de 6 mètres au-dessus du toit de l'Observatoire. La girouette qui suit la direction des courants aériens fait tourner une tige de cuivre placée dans l'intérieur du tube et par son intermédiaire commande les mouvements d'un cylindre portant une feuille de papier, dont l'orientation correspond à chaque instant à celle de la girouette. Par un mécanisme ingénieux un mouvement d'horlogerie descend en 24 heures du haut en bas du cylindre, et une plume qui y est fixée trace sur le papier dont ce cylindre est entouré la courbe exacte des variations que subit la direction du vent.

Le moulinet placé à l'opposite de la girouette est très léger, à ailettes d'aluminium inclinées de façon à ce qu'il fasse un tour pour un espace de 1 mètre parcouru par le vent. Le nombre de tours est mesuré par un compteur placé sur l'axe même autour duquel le moulinet et la girouette

pivotent. Des fils électriques partant de ce compteur sont logés dans le tube portant tout l'appareil, à côté de la tige de laiton. Quand le moulinet a fait 5000 tours, un contact électrique se produit, le courant passe et une deuxième plume portée par le mouvement d'horlogerie dont il a déjà été question vient tracer un trait sur une bande de papier placée parallèlement au cylindre qui donne la direction du vent. Plus le vent est fort, plus le moulinet tourne vite, plus aussi les traits se trouvent rapprochés sur la bande de papier, et leur écartement donne la vitesse du vent. Il suffit de renouveler chaque jour le papier du cylindre et la bande de papier, et l'appareil fournit ainsi des documents obtenus automatiquement des deux quantités cherchées, la direction et la vitesse du vent.

M. A. RILLIET expose en quelques mots les principes que M. Lodge cherche à déduire pour la construction des paratonnerres de ses propres vues et de celles de M. Hertz sur le mouvement de propagation ondulatoire de l'électricité.

M. L. DE LA RIVE rappelle l'importance donnée par Lagrange, dans la Mécanique analytique, au principe désigné par *principe de la poulie*, que l'auteur pense pouvoir servir de base au principe des vitesses virtuelles. Cette manière de concevoir l'origine de la notion d'équilibre a de l'intérêt, venant de Lagrange dont les vues sont restées ce que la science de la mécanique a de mieux fondé, et sont en particulier le point de départ de la théorie de Maxwell sur l'électricité dynamique.

M. SARASIN rend compte d'un travail de M. Sohncke sur l'électricité atmosphérique et les orages publié récemment dans le journal *Himmel und Erde* paraissant à Berlin sous la direction de notre ancien collègue M. Wilh. Meyer.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1889

---

- Le 1<sup>er</sup>, forte bise jusqu'à 4 h. du soir et à 9 h. du soir.  
2, brouillard pendant tout le jour, forte bise depuis 7 h. du soir.  
3, 4, 5, 6, 7 et 8, brouillard continu.  
7, légère neige à 10 h. du matin.  
9, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.  
10, légère neige dans la nuit; brouillard jusqu'à 7 h. du matin.  
11, bruine à 7 h. du matin; la pluie lui succède.  
12, forte gelée blanche le matin; forte bise à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.  
14, brouillard dans la journée.  
16, gelée blanche le matin; brouillard jusqu'à 7 h. du matin.  
17 et 18, brouillard continu.  
19 et 20, brouillard enveloppant avec givre.  
21, légère chute de grésil à 7 h. du matin; brouillard à 10 h. du matin.  
22, très forte gelée blanche le matin; brouillard jusqu'à 7 h. du soir, auquel succède la pluie.  
23, brouillard bas à 7 h. du soir.  
24, très forte gelée blanche le matin; brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin; pluie depuis 5 h. du soir.  
25, quelques flocons de neige à 7 h. 30 du matin; forte bise depuis 7 h. du soir.  
27, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir; neige à 10 h. du matin; forte bise à 7 h. du soir.  
28, brouillard pendant tout le jour.  
29, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.  
30 et 31, brouillard continu.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
Le 2 à 8 h. matin.....	735,17	Le 8 à 1 h. matin.....	729,00
8 à 10 h. soir.....	733,12	11 à 5 h. matin.....	714,65
13 à 10 h. matin.....	730,46	14 à 5 h. matin.....	726,37
17 à 11 h. soir.....	741,18	21 à 5 h. matin.....	728,50
21 à 9 h. soir.....	731,76	23 à 4 h. matin.....	728,53
23 à 8 h. soir.....	732,94	24 à 6 h. soir.....	729,64
25 à 11 h. matin.....	734,88	28 à 5 h. matin.....	728,62
31 à 10 h. matin.....	735,60		

---

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Temp. du Rhéom.	Linnéomètre 311 h.			
	Hauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la hauteur normale	Minim. observé au barom.	Maxim. observé au barom.	Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Ecart fraction normale.	Minim.	Maxim.				Rau. cent. des 24 h.	dir.	+ °
1	730.98	+ 4.24	727.77	734.80	2.22	- 4.47	6.0	0.3	840	- 40	710	940	...	NNE. 2	0.80	...	144.0	
2	734.04	+ 7.86	734.25	735.17	3.20	- 5.32	4.9	2.0	799	- 52	680	960	...	NNE. 1	1.00	7.3	139.0	
3	733.98	+ 7.16	733.60	734.35	4.34	- 6.34	5.2	3.0	785	- 97	670	860	...	N. 1	1.00	5.5	138.7	
4	734.04	+ 7.45	733.43	734.44	4.05	- 5.93	5.2	3.2	797	- 85	740	860	...	NNW. 1	1.00	5.0	137.5	
5	733.87	+ 6.97	733.42	734.31	2.89	- 4.65	4.8	1.8	770	- 83	740	800	...	NE. 1	1.00	5.0	136.7	
6	732.54	+ 5.60	731.79	733.85	2.47	- 4.12	3.4	1.6	749	- 105	710	790	...	E. 1	1.00	5.3	137.0	
7	730.17	+ 3.49	729.06	731.63	3.09	- 4.63	3.9	2.2	771	- 83	710	830	...	variable	1.00	5.2	135.7	
8	730.99	+ 3.97	729.00	733.12	3.82	- 5.25	5.1	3.0	743	- 142	660	770	...	NNE. 1	1.00	...	135.0	
9	731.49	+ 4.43	728.79	732.58	4.81	- 6.13	6.3	3.2	760	- 96	680	840	...	ESE. 1	0.92	4.9	133.5	
10	723.26	- 3.84	717.98	728.17	0.04	- 1.23	5.4	4.3	744	- 112	700	840	0.1	WSW. 1	1.00	5.5	132.2	
11	717.64	- 9.50	714.65	721.68	4.19	- 3.07	1.4	6.2	765	- 92	610	870	7.4	SSW. 1	0.98	5.7	132.3	
12	725.43	- 1.75	721.95	728.43	1.65	- 0.63	1.3	4.8	727	- 131	480	930	...	N. 1	0.62	6.0	133.3	
13	728.07	+ 0.81	727.38	730.46	0.79	- 0.14	0.9	2.5	745	- 143	640	800	...	variable	1.00	5.8	130.0	
14	728.07	+ 0.81	727.38	730.46	0.90	- 0.74	3.0	0.6	765	- 94	680	830	...	E. 1	1.00	5.8	132.6	
15	733.14	+ 5.84	730.67	735.46	1.44	- 2.19	3.0	0.1	784	- 105	680	840	...	ENE. 1	0.95	...	131.0	
16	737.18	+ 9.84	735.31	738.60	1.52	- 2.19	6.3	2.4	725	- 135	560	840	...	NNE. 1	0.28	5.2	136.0	
17	739.92	+ 12.55	738.66	744.18	2.54	- 3.13	5.3	0.9	770	- 90	700	810	...	E. 1	1.00	5.0	134.8	
18	739.40	+ 11.69	737.29	740.93	3.38	- 3.89	4.3	1.9	809	- 52	780	910	...	variable	1.00	4.9	134.5	
19	735.54	+ 8.09	733.40	737.42	3.75	- 4.19	5.3	2.9	935	- 74	930	960	...	SW. 1	1.00	5.0	130.0	
20	730.19	+ 2.71	728.60	733.07	3.35	- 3.72	5.2	1.0	941	- 79	920	960	...	E. 1	0.97	5.1	130.5	
21	730.40	+ 2.88	728.50	731.76	0.45	- 0.75	6.3	3.5	836	- 26	570	920	0.2	S. 1	0.47	5.0	129.0	
22	730.66	+ 3.10	729.43	731.47	0.04	- 0.28	5.0	3.5	779	- 84	570	930	3.0	S. 1	1.00	...	128.0	
23	730.66	+ 3.10	729.43	731.47	3.88	- 3.70	0.4	9.2	836	- 27	700	910	4.7	SSW. 1	0.53	5.4	127.2	
24	731.44	+ 3.79	729.64	732.98	4.48	- 4.36	3.4	6.5	881	- 48	700	960	15.4	SSW. 1	0.83	5.9	131.0	
25	733.88	+ 6.23	732.52	734.88	2.66	- 2.59	0.6	4.7	732	- 132	480	950	...	NNE. 1	0.67	...	132.0	
26	733.85	+ 6.17	732.95	734.79	1.98	- 1.96	0.9	3.8	708	- 156	620	780	...	NE. 1	0.98	5.6	132.5	
27	730.13	+ 2.42	729.11	732.46	0.41	- 0.08	4.3	1.2	799	- 63	730	960	0.4	NNE. 1	1.00	5.5	132.2	
28	729.53	+ 1.80	728.62	731.09	1.41	- 1.04	2.9	0.4	776	- 89	720	870	...	variable	0.98	5.4	132.1	
29	731.54	+ 3.78	730.46	733.36	1.42	- 1.31	3.2	0.4	867	- 2	840	910	...	S. 0	0.88	...	132.0	
30	732.31	+ 4.53	731.48	733.41	0.43	- 0.28	3.1	0.8	805	- 73	760	860	...	variable	1.00	5.2	131.0	
31	734.10	+ 6.30	732.83	735.60	0.20	- 0.02	4.1	0.4	793	- 72	760	820	...	NNE. 1	1.00	5.0	130.9	
Mois	731.60	+ 3.64			- 1.13	- 1.93			788	- 77					0.90	5.41	- 1.20	133.20



## MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	731.88	731.66	731.78	732.05	731.36	731.26	731.31	731.19
2 <sup>e</sup> »	730.88	730.85	731.32	732.02	731.24	731.39	732.10	732.35
3 <sup>e</sup> »	731.47	731.36	731.61	732.23	731.47	731.51	731.83	732.06
Mois	731.41	731.29	731.57	732.10	731.36	731.39	731.75	731.88

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	— 3.38	— 3.90	— 3.68	— 3.32	— 2.10	— 2.40	— 2.98	— 2.97
2 <sup>e</sup> »	— 1.05	— 2.02	— 2.24	— 1.18	+ 0.16	— 0.04	— 0.51	— 1.33
3 <sup>e</sup> »	— 0.49	— 0.74	— 0.44	+ 0.65	+ 2.59	+ 2.14	+ 0.95	— 0.13
Mois	— 1.60	— 2.17	— 2.06	— 1.22	+ 0.30	— 0.03	— 0.79	— 1.43

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	806	809	814	729	708	735	784	773
2 <sup>e</sup> »	806	839	836	791	738	731	782	802
3 <sup>e</sup> »	865	865	858	797	695	717	784	828
Mois	827	838	837	773	713	727	783	802

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnaimètre
1 <sup>re</sup> décade	— 5.02	— 1.60	+ 5.46	0.97	0.1	136.63
2 <sup>e</sup> »	— 3.32	+ 0.97	+ 5.39	0.88	7.4	132.50
3 <sup>e</sup> »	— 2.35	+ 3.40	+ 5.37	0.85	20.7	130.72
Mois	— 3.53	+ 1.00	+ 5.41	0.90	28.2	133.20

Dans ce mois l'air a été calme 3,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 61°, 2, E. et son intensité est égale à 33,5 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1889.

Le 1<sup>er</sup>, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.

10, légère neige à 7 h. du matin ; brouillard depuis 10 h. du soir.

11, brouillard jusqu'à 1 h. du soir et à 7 h. du soir ; neige à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir.

12, brouillard pendant tout le jour.

20, fort vent depuis 7 h. du soir.

21, légère neige à 1 h. du soir, brouillard à 4 h. du soir.

23, légère neige à 7 h. du matin ; brouillard de 10 h. du matin à 4 h. du soir.

24, neige depuis 10 h. du soir.

25, neige jusqu'à 1 h. du soir ; brouillard à 4 h. du soir ; très forte bise jusqu'à 7 h. du soir.

27, brouillard jusqu'à 1 h. du soir ; très fort vent depuis 10 h. du matin.

28, fort vent jusqu'à 4 h. du soir ; neige jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

29, brouillard jusqu'à 7 h. du matin ; neige de 1 h. à 7 h. du soir ; fort vent à 4 h. du soir,

30, neige pendant tout le jour.

31, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4 à 11 h. matin .....	565,40	Le 7 à 6 h. soir .....	558,05
9 à 10 h. matin .....	561,88	11 à 2 h. soir .....	554,00
13 à 11 h. matin .....	562,20	14 à 8 h. matin ...	559,40
18 à 1 h. matin .....	573,55	21 à 6 h. matin .....	562,07
24 à 10 h. matin .....	566,48	25 à 1 h. soir .....	563,27
26 à 9 h. matin .....	566,50	28 à 5 h. matin .....	562,07
31 à 11 h. matin .....	567,55		

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures. millim.	Écart avec la hauteur normale. millim.	Minimum observé au barographe millim.	Maximum observé au barographe millim.	Moyenne des 24 heures. °	Écart avec la température normale. °	Minimum absolu. °	Maximum absolu. °		
1	559.47	- 2.48	556.30	562.75	-17.40	-10.68	-19.8	-13.4	NE.	0.47
2	563.19	+ 1.36	562.90	563.70	-13.40	-	-18.0	-10.5	NE.	0.00
3	564.97	+ 2.36	563.60	564.60	- 6.36	+ 0.52	-10.6	- 2.6	SW.	0.00
4	564.76	+ 2.87	564.33	565.40	- 7.78	+ 0.82	-12.1	- 5.0	SW.	0.00
5	564.28	+ 2.44	564.01	564.70	-11.21	- 4.17	-14.2	- 9.6	SW.	0.25
6	561.77	+ 0.08	560.53	564.00	-13.18	- 6.05	-15.2	-10.4	NE.	0.00
7	559.52	+ 2.87	558.08	560.75	-13.30	- 6.09	-15.0	-11.2	NE.	0.00
8	559.52	+ 2.28	558.28	561.05	-13.25	- 5.96	-14.6	-10.0	NE.	0.00
9	561.31	+ 0.47	561.00	561.88	- 9.35	- 1.98	-13.3	- 6.0	NE.	0.17
10	558.78	+ 2.98	557.08	561.04	- 5.08	+ 2.36	-10.2	- 2.8	NE.	0.70
11	554.86	+ 6.88	554.00	556.95	- 9.66	- 2.15	-12.6	- 7.8	NE.	1.00
12	557.51	+ 4.21	555.65	559.70	-12.60	- 5.02	-14.0	- 9.9	NE.	1.00
13	561.46	+ 0.54	559.83	562.30	- 9.16	- 1.51	-14.0	- 6.4	NE.	0.32
14	560.55	+ 1.13	559.40	561.90	-12.33	- 4.61	-13.8	-10.6	NE.	0.02
15	562.88	+ 1.22	561.70	564.97	-10.58	- 2.80	-13.3	- 8.5	NE.	0.00
16	566.52	+ 4.88	564.95	568.07	-10.76	- 2.92	-13.4	- 8.4	NE.	0.00
17	570.64	+ 9.01	568.20	573.29	- 3.91	+ 3.99	- 9.8	- 0.0	SW.	0.00
18	572.65	+ 14.04	572.01	573.55	- 0.46	+ 7.50	- 2.5	+ 3.1	variable	0.02
19	570.25	+ 8.66	569.28	572.00	- 1.38	+ 6.64	- 2.5	+ 1.2	SW.	0.10
20	565.66	+ 4.09	563.52	569.00	- 3.98	+ 4.10	- 6.8	- 0.0	SW.	0.07
21	562.65	+ 4.09	562.07	563.50	-11.76	+ 3.63	-13.4	- 8.8	NE.	0.33
22	564.13	+ 2.58	563.36	564.88	- 6.35	+ 1.83	-12.6	- 3.5	NE.	0.33
23	564.87	+ 3.34	564.60	566.04	- 4.46	+ 4.37	- 9.4	- 3.6	NE.	0.67
24	565.68	+ 4.17	564.60	566.48	- 4.46	+ 3.82	- 8.5	- 4.0	SW.	0.37
25	564.00	+ 2.51	563.27	565.35	-12.60	+ 4.27	-13.7	-10.0	SW.	0.87
26	565.64	+ 4.17	564.70	566.80	- 9.86	+ 4.49	-13.6	- 7.8	SW.	0.02
27	563.02	+ 1.56	562.40	561.45	-12.60	+ 4.19	-13.2	-11.3	SW.	0.73
28	563.02	+ 2.59	562.07	563.72	-10.66	+ 2.21	-12.8	- 9.6	SW.	0.75
29	564.01	+ 2.73	563.40	564.91	-11.03	+ 2.54	-12.4	- 8.0	SW.	0.83
30	564.13	+ 2.73	563.52	565.00	- 9.56	+ 1.03	-12.2	- 7.9	SW.	1.00
31	566.80	+ 5.42	565.15	567.55	- 8.40	+ 0.17	- 9.0	- 5.3	SW.	0.75
Mois.	563.45	+ 4.13			- 9.33	- 4.74				0.33

# MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1889.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	561,70	561,49	561,43	561,83	561,53	561,58	561,72	561,76
2 <sup>e</sup> » ...	564,20	563,94	563,93	561,38	563,96	564,20	564,67	564,85
3 <sup>e</sup> » ...	564,20	564,09	564,18	564,52	564,19	564,42	564,57	564,69
Mois .....	563,39	563,21	563,22	563,60	563,26	563,43	563,68	563,80

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	-11,97	-10,65	-8,90	-10,74	-11,45	-11,39
2 <sup>e</sup> » ...	-7,97	-7,10	-5,64	-7,41	-7,86	-7,84
3 <sup>e</sup> » ...	-9,61	-8,76	-8,19	-9,48	-9,80	-9,88
Mois .....	-9,84	-8,84	-7,60	-9,22	-9,71	-9,74

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
				mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	-14,30	-8,15	0,13	—	—
2 <sup>e</sup> » ...	-10,27	-4,73	0,24	7,0	90
3 <sup>e</sup> » ...	-11,89	-6,98	0,60	26,5	620
Mois .....	-12,15	-6,63	0,33	33,5	710

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,12 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 6,8 sur 100.

SUR LA RÉSONANCE MULTIPLE  
DES  
ONDULATIONS ÉLECTRIQUES DE M. HERTZ  
SE PROPAGEANT LE LONG DE FILS CONDUCTEURS

PAR  
MM. Ed. SARASIN et L. DE LA RIVE

---

I. INDICATIONS GÉNÉRALES <sup>1</sup>.

On sait que les oscillations électriques rapides, découvertes et étudiées par M. Hertz, constituent un état oscillatoire du champ électromagnétique qui donne lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable. Les effets de la force électromotrice développée dans le milieu ambiant sont tels qu'ils impliquent la propagation

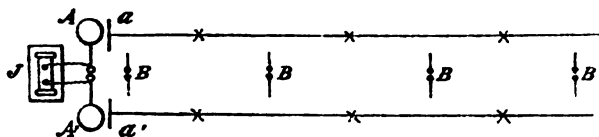
<sup>1</sup> Nous avons communiqué nos premiers résultats sur la résonance multiple des ondulations électriques le 5 septembre à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève (*Archives des sciences phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 283) et à la Section de physique de la Société helvétique des sciences naturelles à Lugano le 10 septembre 1889 (*ibid.*, t. XXII, p. 363).

d'une onde ayant l'oscillateur pour origine axiale, et peuvent être constatés à plusieurs mètres de distance par l'étincelle obtenue dans un circuit conducteur discontinu. La forme circulaire donnée au circuit secondaire, ou résonateur, forme à laquelle M. Hertz a été immédiatement conduit par ses premières recherches, est d'une grande importance. En effet, un secondaire non refermé sur lui-même, semblable à l'oscillateur, c'est-à-dire consistant en un conducteur reliant deux capacités, donne des effets où nous n'avons pas réussi à observer les alternatives d'intensité qui sont l'élément essentiel servant de base aux considérations théoriques.

Indépendamment de l'action directe, M. Hertz a trouvé que l'état oscillatoire se propage, en conservant une intensité à peu près constante, le long d'un conducteur filiforme, lorsque celui-ci est mis en communication par une extrémité avec une plaque métallique, placée elle-même à quelques centimètres d'une des capacités de l'oscillateur, tandis que l'autre extrémité reste isolée. Si deux fils parallèles sont ainsi tendus dans le plan horizontal du primaire et à partir de deux plaques symétriquement placées en regard des deux capacités, boules ou plaques, et dans une direction perpendiculaire à l'axe de l'oscillateur, il s'y produit une ondulation électrique continue se propageant à partir des plaques. L'onde se réfléchit à l'extrémité libre des fils, par un phénomène analogue à la réflexion de l'onde sonore dans un tuyau ouvert, et donne lieu à des effets d'interférence. Il s'établit un système nodal fixe dont M. Hertz a constaté l'existence par la variation d'action inductrice sur le résonateur, porté le long des fils dans l'intervalle qui les sépare, et de manière à ce que le plan du cercle reste

toujours normal aux fils. Cette expérience se trouve décrite et commentée dans l'exposé publié par les *Archives*<sup>1</sup> où M. Hertz a résumé lui-même ses recherches. La figure 1 que nous reproduisons montre la disposition

Fig. 1.



respective de l'inducteur J, de l'oscillateur A, des fils a, a', et du résonateur B dans ses positions successives. Le phénomène d'interférence, avec sa caractéristique de minima successifs, indépendants du sens dans lequel se propage l'action, laisse peu de doute sur la nature ondulatoire de la force électromotrice, et la distance des nœuds permet d'évaluer la longueur d'onde.

Le présent travail se rapporte à cet effet spécial des oscillations rapides. Les résultats obtenus confirment, de la manière pour nous la plus catégorique, l'existence des minima successifs de force électromotrice le long des fils où l'action se propage. D'autre part, un point d'une assez grande importance paraît bien établi par nos observations, à savoir qu'un système nodal défini par une certaine distance fixe entre deux nœuds successifs, accompagne invariablement l'usage d'un certain

<sup>1</sup> *Archives des Sciences physiques et naturelles*, n° 4. Avril 1889, t. XXI, p. 281.



résonateur. Ainsi, tandis qu'un cercle de 75 cm. de diamètre donne un internœud de 3 m., un cercle de 50 cm. de diamètre donne un internœud de 2 m. et un cercle de 35 cm. de diamètre un internœud de 1 m. 50. Cette relation constante entre le système nodal et le résonateur est indépendante de l'oscillateur qu'on emploie. Il importe de remarquer qu'il ne s'agit, dans nos recherches, que d'expériences qualitatives et non quantitatives. L'intensité relative avec laquelle la force électromotrice correspondant à un certain système nodal se produit n'est pas évaluée. D'autre part il est probable qu'un certain système nodal prédomine pour une certaine dimension du primaire et il ne faut pas conclure de nos résultats que les dimensions de l'oscillateur sont sans influence sur la longueur d'onde de l'oscillation principale dans les fils.

## II. APPAREILS.

*Inducteur.* L'inducteur est une grande bobine de Ruhmkorff<sup>1</sup> de 56 cm. de long et de 23 cm. de diamètre, avec interrupteur à mercure. Elle est mise en action par le courant à peu près continu d'une machine magnéto-électrique. La tension des pôles permet d'obtenir entre les pointes de deux fils une étincelle de 25 cm. de long. L'interrupteur est réglé de manière à donner environ six décharges par seconde.

<sup>1</sup> M. le prof Ch. Soret a bien voulu mettre à notre disposition cet appareil appartenant au cabinet de physique de l'Université, nous lui exprimons ici notre bien sincère reconnaissance.

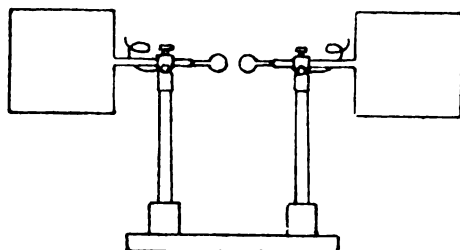
*Oscillateur.* L'oscillateur ou conducteur primaire est l'appareil qui, mis en communication avec l'inducteur détermine la production de l'oscillation électrique primaire. Nous en employons deux présentant des différences de forme et de dimension.

Le grand primaire qui se trouve représenté en projection dans la figure 1 se compose de deux parties identiques, consistant chacune en une tige de laiton massive de 6<sup>mm</sup> de diamètre et de 60 centimètres de long, portant à une extrémité une boule de laiton pleine de 4 centimètres de diamètre et s'introduisant par l'autre extrémité à frottement juste dans la sphère qui sert de capacité. Celle-ci est une sphère creuse de zinc de 30 centimètres de diamètre avec tubulure métallique intérieure assurant le contact avec la tige. La sphère est portée sur une tige cylindrique de verre s'emmanchant par sa partie inférieure dans un pied en bois. Les deux fils conducteurs, venant des pôles de l'inducteur; sont fixés quelquefois par simple enroulement sur les tiges près des boules de laiton, plus souvent sont introduits dans les tubulures externes des sphères capacités. Le même appareil peut être modifié en substituant aux sphères de zinc deux plaques de laiton carrées de 40 centimètres de côté et 2 mm. d'épaisseur.

Lorsque les deux petites boules de laiton poli entre lesquelles se produit l'étincelle primaire sont pleines elles ont l'inconvénient de ne s'échauffer que lentement, d'où résulte, pensons-nous, le fait observé souvent que les effets ne deviennent intenses qu'après une période préliminaire peu satisfaisante. A la fin de nos recherches, nous avons, à cause de cela, remplacé les boules pleines par les boules creuses de l'appareil décrit en second lieu.

Le petit primaire représenté dans la figure 2 est monté sur deux pieds de verre fixés à un seul support en bois et qui portent chacun une tubulure métallique avec une vis de pression. Dans la tubulure glisse une

Fig. 2.



tige horizontale laquelle est un tube de laiton, de 12 cm. de long et de 6 mm. de diamètre, soudé par son extrémité externe à une plaque mince de laiton carrée de 20 cm. de côté. A l'extrémité interne une tige pleine portant une boule de laiton creuse de 3 cm. de diamètre entre à frottement juste dans le tube. Cette disposition permet de rapprocher à volonté les deux boules entre lesquelles se produit l'étincelle. Les deux moitiés de l'appareil sont, comme on le voit, symétriques de tout point. Les conducteurs venant de l'inducteur se fixent par deux vis de pression dans les tubulures métalliques surmontant les pieds de verre.

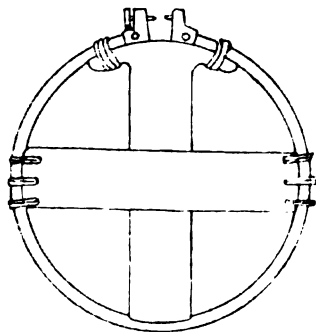
On peut substituer aux tiges de cet oscillateur d'autres plus longues, et aux plaques de 20 cm. des plaques également carrées de 30 cm. de côté.

*Résonateur.* Le résonateur ou conducteur secondaire est l'appareil dans lequel l'action inductrice est constatée

par une étincelle. Nous employons des cercles de différents diamètres et un secondaire rectiligne.

Le cercle de 36 cm. de diamètre<sup>1</sup> est représenté dans la figure 3. Un conducteur cylindrique en cuivre de 1 cm. de diamètre, et ployé en cercle, présente une interruption que nous désignons par le *micromètre*; aux deux extrémités du conducteur sont soudées deux pièces de laiton, dépassant un peu sa section, portant, l'une une protubérance hémisphérique ou pointe émoussée, et l'autre une vis micrométrique dont la pointe peut venir en contact avec la surface opposée.

Fig. 3.



Une pièce de bois en forme de croix supporte le conducteur circulaire qui est fixé sur les traverses, un peu évidées, par de la ficelle de chanvre. Vers la partie cor-

<sup>1</sup> Ce résonateur est celui que nous donnons plus haut comme ayant un diamètre de 35 cm., les nombres 75, 50 et 35 étant plus propres à laisser une idée nette au lecteur. Les diamètres consignés ici pour ce cercle et les suivants sont ceux de la circonférence moyenne du conducteur.

respondant au micromètre le support est, comme on le voit, évasé de manière à maintenir les deux extrémités du conducteur dans leurs positions respectives. Ce cercle est le seul dont la vis soit une vis micrométrique avec des divisions tracées sur la tête de la vis. La circonférence est divisée en 25 parties égales dont chacune équivaut à un cinquantième de millimètre parce que le pas de la vis est d'un demi-millimètre. Une petite lame de métal qui n'est pas représentée, fixée sur l'écrou de la vis, sert de point de repère pour les mesures micrométriques.

Le cercle de 50 cm. de diamètre est semblable au précédent; le diamètre du conducteur est moindre, environ 6 mm. La vis a le même pas, mais ne porte pas de divisions.

Le cercle de 75 cm. de diamètre est semblable aux deux autres. Le diamètre du conducteur est 1 cm. comme pour le premier et ce conducteur est massif, ce qui est aussi le cas pour les deux premiers.

Le cercle de 1<sup>m</sup> de diamètre ne diffère des précédents que par le fait que le conducteur dont le diamètre est 1 cm. est un tube de cuivre, au lieu d'être massif, ce qui le rend d'un maniement plus commode.

Le cercle de 26 cm. de diamètre est un fil de cuivre de 2 mm. de diamètre, enroulé sur une circonférence faite d'une planchette mince, et muni d'un micromètre semblable aux précédents.

Les dimensions données sont celles du diamètre moyen du conducteur.

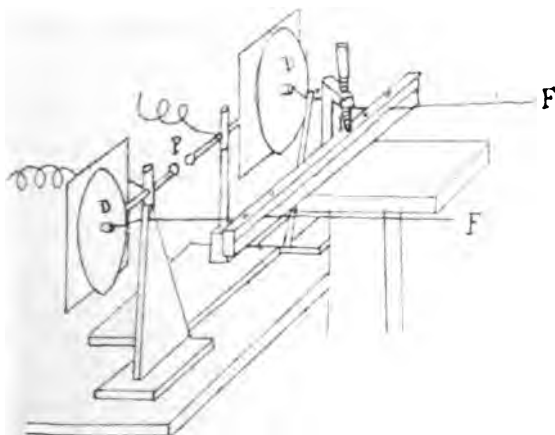
Le secondaire rectiligne se compose de deux tiges de laiton de 40 cm. de longueur chacune, placées dans le prolongement l'une de l'autre, et dont les extrémités en

regard sont en contact avec les deux plaques d'un micro-mètre semblable à celui des cercles. Deux plaques métalliques de 10 cm. de côté enroulées en tubulures par l'un de leurs bords, peuvent glisser le long des tiges et servir de capacités.

Ajoutons que dans la construction des secondaires, l'isolation par d'autres substances que du bois n'est pas nécessaire, et qu'après nous être servi de caoutchouc durci pour la monture de certains cercles, nous l'avons remplacé par le bois, préférant ne pas introduire d'isolant spécial dont l'influence pouvait donner lieu à des perturbations.

*Disposition des fils et des appareils.* Deux fils de cuivre

Fig. 4.



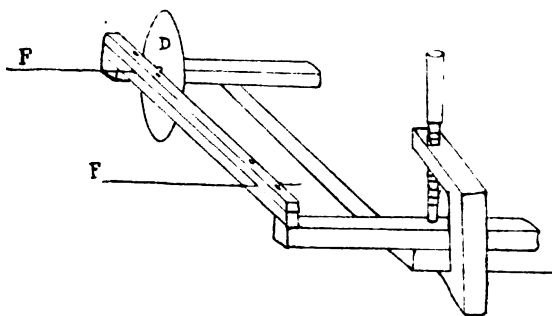
ayant un diamètre de 4,8 mm. et une longueur de 10,60 m. sont tendus parallèlement, avec un écartement qui peut varier, suivant les conditions des expériences,

entre 45 cm. et 1 m. Ils sont maintenus près de leurs extrémités par deux pinces de bois, formées chacune de deux lattes serrées par des vis l'une contre l'autre et entre lesquelles les fils désignés par F dans la figure 4 sont insérés.

Cette figure représente l'extrémité des fils voisine du primaire. Ils se prolongent au delà de la double traverse de bois qui les maintient et se terminent à deux disques de laiton D de 24 cm. de diamètre auxquels ils sont fixés par des pinces soudées à leur centre sur leur face extérieure; ils sont supportés par deux pieds triangulaires en bois. Les disques D sont verticaux et placés en regard respectivement des plaques du primaire P. Le primaire est placé sur une table et la traverse maintenant les fils est arrêtée par des presses à vis sur un support spécial fixé contre cette table.

La figure 5 représente l'autre extrémité des fils F. Ils

Fig. 5.

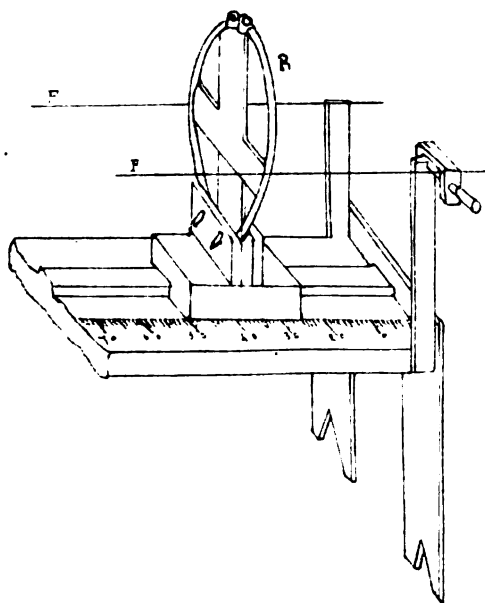


sont également insérés dans une double traverse en bois disposée comme la première et celle-ci est maintenue par des presses à vis sur une console fixée à la muraille.

Dans la figure l'un des fils se termine par un disque de laiton D, tandis que l'extrémité de l'autre est libre. On verra que l'adjonction des disques à l'extrémité donne lieu à une modification des résultats. Quand on expérimente, les deux fils sont ou tous les deux libres ou tous les deux munis d'un disque.

C'est entre les deux extrémités et dans une position qui varie suivant les points des fils à explorer que se

Fig. 6.



trouve l'appareil que nous désignons par *banc de mesure* le long duquel on déplace le résonateur. La partie du banc qui est représentée dans la figure 6 est l'extrémité



la plus éloignée du primaire. Sur une planche de 40 cm. de largeur et de 4,23 m. de longueur est fixée longitudinalement, et à égale distance des deux bords, une pièce de bois de forme rectangulaire, sorte de rail servant à guider le chariot à coulisse sur lequel est assujéti le résonateur R. Des montants disposés aux deux bouts du banc servent à maintenir les fils F; des presses à vis serrées sur les montants, comme le montre la figure, et dans l'intérieur desquelles passe le fil, sont employées à cet effet. Le résonateur, placé verticalement et dans un plan transversal par rapport aux fils, est assujéti au chariot par une planchette mobile qui le serre contre une planchette fixe au moyen de deux vis en fer dont on voit les têtes. Une graduation en centimètres est tracée le long de la ligne que parcourt le bord du chariot. Le banc est supporté par des pieds à ses deux bouts, et peut être aisément transporté d'une place à l'autre le long des fils qui restent fixes. Pour chaque position du banc, on mesure la distance entre le zéro de la graduation, qui se trouve à l'extrémité représentée dans la figure, et l'extrémité des fils.

### III. MANIÈRE D'EFFECTUER LES MESURES.

Les résultats numériques qu'on trouvera plus loin consistent uniquement dans la mesure des distances, comptées à partir de l'extrémité des fils, des points ou plutôt des plans transversaux où l'étincelle du résonateur passe par un minimum d'intensité. Les appareils étant disposés comme on l'a indiqué, on fait marcher

l'inducteur, et les fils, ainsi que les disques qui les terminent, offrent des signes de tension électrique correspondant à ceux des capacités du primaire, mais beaucoup moins intenses. La longueur de l'étincelle primaire est de 7 à 9 mm. En touchant avec la main les fils sur un point quelconque on sent un léger picotement, et cette sensation est accompagnée d'un faible flux lumineux dans l'obscurité.

Le résonateur donne une étincelle qui est, cela va sans dire, discontinue, mais avec une succession trop rapide pour qu'on perçoive autre chose qu'un scintillement caractéristique. Pour explorer le champ d'induction, on commence par constater, en déplaçant le résonateur le long du banc, que l'étincelle est moins continue en une certaine région. Il faut alors régler la vis micrométrique de manière à obtenir l'extinction complète dans le nœud, ce qui demande beaucoup de précaution, parce qu'une différence de longueur pour l'étincelle de 2 ou 3 centièmes de millimètre suffit, dans la plupart des cas, pour qu'elle disparaisse aux nœuds et aux ventres ou pour qu'au contraire elle ne subisse plus d'extinction. Comme on l'a dit, cette différence correspond à peu près à un vingt-cinquième de tour de la vis; celle-ci doit donc être maniée avec délicatesse. Nous reviendrons plus loin sur les quelques indications approximatives que peuvent fournir nos résultats au sujet des intensités relatives des maxima et des minima.

Une fois la vis micrométrique réglée, on fait glisser le chariot lentement à partir d'une position où l'étincelle est régulière et, au moment où elle cesse de se produire, on place un jeton sur l'échelle au centimètre en regard du plan transversal du résonateur, l'obscurité nécessaire à

l'observation ne permettant pas d'autre procédé. Puis on déplace le chariot toujours dans le même sens jusqu'à ce que l'étincelle soit de nouveau franchement obtenue, et à partir de ce point, on le retire en arrière jusqu'à l'extinction, position qui est marquée par un second jeton. Les deux divisions de l'échelle ainsi obtenues sont considérées comme à égale distance de part et d'autre du nœud, et leur moyenne arithmétique est notée comme résultat de l'observation.

La principale difficulté que l'on rencontre dans ces mesures provient de la variation de l'intensité de l'action inductrice qui, d'un moment à l'autre, donne lieu à des étincelles plus vives mais très intermittentes, se produisant même dans les nœuds. Il faut l'attribuer, selon toute apparence, à une variation dans le courant induit du Ruhmkorff due elle-même à des irrégularités de l'interrupteur. D'autres fois il y a une période plus longue d'augmentation de l'action inductrice et le réglage de la vis doit être incessamment recommencé, puis repris en sens contraire lorsque l'action est dans une période décroissante. Cette cause perturbatrice et d'autres causes d'erreur donnent à ces mesures une limite d'exactitude qui ne permet pas d'évaluer un nœud à plus de dix centimètres près. En général les résultats donnés sont, comme on le verra, la moyenne de trois observations faites chacune par l'un des deux observateurs à tour de rôle. Il arrive ordinairement que les nombres trouvés sont plus concordants que la limite d'erreur qui vient d'être mentionnée, mais d'autre part quelques observations très incompatibles avec la moyenne ont été supprimées. Il n'est pas possible de donner encore à ce genre d'observations une sécurité complète, mais il

importe d'ajouter que dans chaque cas, on peut constater avec certitude que l'étincelle subit une extinction et se rallume, soit dans un sens, soit dans l'autre.

Une précaution nécessaire, surtout lorsque le résonateur se rapproche de l'oscillateur, consiste à intercepter par un écran l'étincelle primaire par rapport à l'étincelle secondaire. En effet, comme M. Hertz l'a trouvé et comme nous l'avons souvent observé, la lumière de la première excite la production de la seconde et cette action indépendante de la force électromotrice est à éviter.

#### IV. RÉSULTATS NUMÉRIQUES.

Dans ce qui suit, l'extrémité des fils voisine du primaire est désignée par O et l'autre extrémité par E. Les nombres inscrits sous l'indication *nœud* sont les distances des nœuds successifs au point E. Dans le tableau A se trouvent mentionnés le nombre d'observations dont chaque chiffre consigné dans la colonne nœud est la moyenne, et la distance du zéro de la graduation du banc à E pour ce groupe de mesures; le même nœud est, dans certains cas, mesuré deux fois, dans deux positions successives du banc, vérification qui a de l'importance. Dans le tableau B, chaque nœud n'est donné qu'une fois par la moyenne de ses valeurs; le nœud calculé, mis en regard du nœud observé, est le nombre obtenu en supposant l'internœud constant; la valeur de cet élément est la moyenne des valeurs observées ou, ce qui revient au même, celle que l'on obtient en divisant la distance totale entre le dernier et le premier nœud par le nombre des internœuds; le

premier et le dernier nombre sont les mêmes dans les deux colonnes.

Les observations relatives à un même cercle sont réunies les unes à la suite des autres par séries, pour chacune desquelles les diverses conditions du dispositif de l'expérience sont constantes et mentionnées. Comme on le verra, suivant que l'extrémité E est laissée libre ou insérée dans un disque ayant une certaine capacité, le système nodal est déplacé, ce qui explique l'indication concernant cette alternative. On emploie des disques de 24 cm., d'autres de 40 cm. de diamètre et des plaques carrées de 40 cm.

Dans nos dernières expériences la longueur totale des fils a toujours été de 10.60 m., leur diamètre 1.8 mm. mais nous mentionnerons aussi dans ce qui suit quelques mesures exécutées avec des fils plus courts. Entre la traverse qui le maintient en O et le disque ou plaque qui le termine, le fil est infléchi sur une longueur d'environ 30 cm. pour mettre son extrémité vis-à-vis du centre de la capacité du primaire. En effet, la dimension du primaire n'est pas nécessairement égale à l'écartement des fils. Il en résulte que la distance rectiligne des points O et E est inférieure de quelques centimètres à la longueur totale des fils.

La distance entre la capacité du primaire et la plaque collectrice terminant le fil est de 3 à 7 cm.

*Cercle de 0.75 m. de diamètre.*

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.20 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est dans le plan horizontal des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE I.

Système nodal obtenu avec les plaques carrées de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs.	1.22 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.06 m.		1.22 m.	1.22 m.
Moy. de 3 obs.	4.27	4.27	4.22
Zéro à 2.75 m.		7.22	7.22
Moy. de 3 obs.	7.22		
Zéro à 5.40 m.		Valeur moyenne de l'internœud : 3 m.	

## SÉRIE II.

Système nodal obtenu avec les plaques carrées de 40 cm. en O et les disques de 40 cm. de diamètre en E.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs.	8.37 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.40 m.		3.37 m.	3.37 m.
Moy. de 3 obs.	6.81	6.37	6.33
Zéro à 3.18 m.		9.30	9.29
Moy. de 3 obs.	6.43		
Zéro à 5.40 m.		Valeur moyenne de l'internœud : 2.96 m	
Moy. de 3 obs.	9.80		
Zéro à 5.80 m.			

Petit primaire avec plaques de 20 cm.; distance des centres des plaques : 0.68 m. Écartement des fils : 0.80 m. Centre du cercle dans le plan horizontal des fils; le micromètre est à 45 degrés entre la partie supérieure du cercle et le diamètre horizontal.

## SÉRIE III.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. de diamètre en O et l'extrémité E libre.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs. }	1.26 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.23 m. }		1.26 m.	1.26 m.
Moy. de 3 obs. }	4.24	4.24	4.21
Zéro à 0.61 m. }		7.16	7.16
Moy. de 3 obs. }	7.16	Valeur moyenne de l'internœud : 2.95 m.	
Zéro à 4.99 m. }			

## SÉRIE IV.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et les disques de 40 cm. en E.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs. }	3.08 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.61 m. }		3.08 m.	3.08 m.
Moy. de 3 obs. }	6.05	6.05	6.04
Zéro à 4.99 m. }		9.00	9.00
Moy. de 3 obs. }	9.00	Valeur moyenne de l'internœud : 2.96 m.	
Zéro à 5.80 m. }			

Petit primaire comme ci-dessus. Écartement des fils : 0.45 m. Le centre du cercle est à 34 cm. au-dessus du plan des fils; le micromètre est à 45 degrés.

## SÉRIE V.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs. }	1.24 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.56 m. }	4.19	1.24	1.24
Moy. de 3 obs. }	4.20	4.19	4.23
Zéro à 3.63 m. }	7.23	7.23	7.22
		Valeur moyenne de l'internœud : 2.99 m.	

## SÉRIE VI.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et des disques pareils en E.

A		B
Nœud.		Nœud observé.
Moy. de 3 obs. } Zéro à 0.56 m. }	3.39 m.	3.37 m.
		6.63
Moy. de 2 obs. } Zéro à 1.69 m. }	3.35	Seul internœud observé : 3.26 m.
Moy. de 2 obs. } Zéro à 3.63 m. }	6.63	

Les deux fils sont remplacés par un tube de cuivre de 5,5 cm. de diamètre extérieur et de 10.2 m. de longueur. Grand primaire à sphères avec 1.10 m. de distance entre les centres.

## SÉRIE VII.

Système nodal obtenu avec l'extrémité O du tube en contact avec la plaque de 40 cm., l'extrémité E libre.

A		
Nœud.		
Moy. de 3 obs.	1.20 m.	Seul internœud observé : 3.02 m.
Zéro à 0.12 m.		
Moy. de 5 obs.	3.22	
Zéro à 1.50 m.		

*Cercle de 0.50 m. de diamètre.*

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.20 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est dans le plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.



## SÉRIE I.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

A		B	
	Nœud.	Nœud	
		Observé.	Calculé.
Moy. de 3 obs. {	0.80 m.		
Zéro à 0.06 m. {	2.75	0.80 m.	0.80 m.
Moy. de 3 obs. {	4.72	2.75	2.73
Zéro à 2.95 m. {	6.59	4.72	4.66
Moy. de 2 obs. {	6.66	6.61	6.59
Zéro à 5.40 m. {	8.58	8.51	8.52
Moy. de 3 obs. {	6.57		
Zéro à 5.80 m. {	8.45		

Valeur moyenne de l'internœud : 4.93 m.

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.60 m. Centre du cercle dans le plan des fils. Micromètre au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE II.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

A		B	
	Nœud.	Nœud	
		Observé.	Calculé.
Moy. de 3 obs. {	0.70 m.		
Zéro à 0.07 m. {	2.85	0.70 m.	0.70 m.
Moy. de 3 obs. {	4.71	2.85	2.67
Zéro à 3.22 m. {	6.60	4.71	4.64
		6.60	6.61

Valeur moyenne de l'internœud : 4.97 m.

## SÉRIE III.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et les disques de 40 cm. en E.

	A	B	
	Nœud.	Nœud	
Moy. de 3 obs.	2.09 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.07 m.		2.09 m.	2.09 m.
Moy. de 3 obs.	4.13	4.13	4.11
Zéro à 3.22 m.	5.99	6.40	6.13
Moy. de 3 obs.	6.20	8.46	8.15
Zéro à 5.40 m.	8.15	Valeur moyenne de l'internœud : 2.02 m.	
Moy. de 3 obs.			
Zéro à 5.40 m.			
les capacités du			
primaire sont aug-	6.12		
mentées par leur	8.17		
contact avec les			
boules de zinc de			
30 cm. d.			

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Le centre du cercle est à 14 cm. au-dessus du plan des fils; le micromètre est au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE IV.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A	B	
	Nœud.	Nœud	
Moy. de 3 obs.	0.78 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.13 m.		0.76 m.	0.76 m.
Moy. de 3 obs.	0.75	2.76	2.65
Zéro à 0.08 m.	2.80	4.66	4.55
Moy. de 5 obs.	4.66	6.58	6.45
Zéro à 3.33 m.	6.52	8.35	8.35
Moy. de 3 obs.	6.64	Valeur moyenne de l'internœud : 1.90 m.	
Zéro à 5.77 m.	8.35		

## SÉRIE V.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et des disques pareils en E.

## RÉSONANCE MULTIPLE

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs.	2.26 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.68 m.		2.22 m.	2.22 m.
Moy. de 3 obs.	2.19	4.19	4.21
Zéro à 0.13 m.		6.16	6.20
Moy. de 3 obs.	4.17	8.18	8.19
Zéro à 3.09 m.		Valeur moyenne de l'internœud : 1.99 m.	
Moy. de 3 obs.	4.21		
Zéro à 3.33 m.	6.14		
Moy. de 3 obs.	6.25		
Zéro à 5.77 m.	8.18		

*Cercle de 0.36 m.*

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres des plaques : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Le centre du cercle est dans le plan des fils; le micromètre est au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE I.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 4 obs.	0.60 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.08 m.		0.60 m.	0.60 m.
Moy. de 3 obs.	2.06	2.04	2.07
Zéro à 0.32 m.		3.60	3.54
Moy. de 3 obs.	3.62	5.09	5.01
Zéro à 2.74 m.		6.36	6.48
Moy. de 3 obs.	6.34	7.92	7.95
Zéro à 5.85 m.		9.42	9.42
Moy. de 3 obs.	6.39	Valeur moyenne de l'internœud : 1.47 m.	
Zéro à 5.72 m.			
	9.42		

## SÉRIE II.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et des disques semblables en E.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs.	1.62 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.08 m.	3.13	1.63 m.	1.63 m.
Moy. de 3 obs.	1.65	3.16	3.11
Zéro à 0.32 m.	3.16	4.64	4.59
Moy. de 3 obs.	3.20	6.05	6.07
Zéro à 2.74 m.	4.64	7.59	7.55
	6.11	9.06	9.03
Moy. de 3 obs.	6.03		
Zéro à 5.35 m.	7.61		
	9.08		
Moy. de 3 obs.	6.02		
Zéro à 5.72 m.	7.58		
	9.04		

Valeur moyenne de l'internœud : 1.48 m.

## SÉRIE III.

Système nodal obtenu sans disque en O et sans disque en E.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 2 obs.	0.58 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.07 m.	2.09	0.58 m.	0.58 m.
	3.59	2.09	2.04
Moy. de 3 obs.	3.62	3.60	3.50
Zéro à 2.74 m.	4.99	4.99	4.96
	6.47	6.40	6.42
Moy. de 3 obs.	6.34	7.93	7.88
Zéro à 5.35 m.	7.90	9.33	9.34
	6.41		
1 obs.	7.97		
Zéro à 5.75 m.	9.33		

Valeur moyenne de l'internœud : 1.46 m.

## SÉRIE IV.

Système nodal obtenu sans les disques en O et avec les disques de 24 cm. en E.

A		B	
Nœud.		Nœud	
Moy. de 3 obs.	1.62 m.	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.07 m.	3.09	1.62 m.	1.62 m.
	3.15	3.12	3.08
Moy. de 3 obs.	4.50	4.50	4.50
Zéro à 2.27 m.	5.92	5.90	5.92
	5.90	7.36	7.34
Moy. de 3 obs.	7.34	8.72	8.76
Zéro à 5.35 m.	8.71		
	5.89		
Moy. de 3 obs.	7.38		
Zéro à 5.72 m.	8.74		

Valeur moyenne de l'internœud : 1.42 m.

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.12 m.  
Écartement des fils : 0.45 m. Longueur totale des fils : 10.40 m.

## SÉRIE V.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A	
	Nœud.	
Moy. de 2 obs.	0.56 m.	
" "	1.94	Valeur moyenne de l'internœud : 1.41 m.
" "	3.37	

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.65 m. Écartement des fils : 0.45 m. Longueur totale des fils : 4.76 m.

## SÉRIE VI.

Système nodal obtenu avec une plaque carrée en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	
Moy. de 2 obs.	0.55 m.	
" "	2.06	Internœud moyen : 1.46 m.
" "	3.48	

Mêmes conditions que ci-dessus. Longueur totale des fils : 4.96 m.

	Nœud.	
Moy. de 2 obs.	0.57 m.	
" "	2.13	Internœud moyen : 1.50 m.
" "	3.58	

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Fils ayant un diamètre de 0.8 mm. et une longueur de 10.60 m.

## SÉRIE VII.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud.
Moy. de 3 obs.	0.58	
"	2.04	1.46
"	3.52	1.48

*Cercle de 1 m. de diamètre.*

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.10 m.  
Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle est au-dessus du plan des fils, le micromètre à 45 degrés.

## SÉRIE I.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	A	B
	Nœud.	Nœud.
Moy. de 4 obs. }	1.61 m.	1.61
Zéro à 0.06 m. }		5.67
Moy. de 3 obs. }	5.67	Soul internœud observé : 4.06 m.
Zéro à 3.14 m. }		

Grand primaire à sphères; distance des centres : 1.20 m.  
Écartement des fils : 1.10 m. Le centre du cercle est dans le plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE II.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.
Moy. de 5 obs. }	1.55 m.
Zéro à 0.07 m. }	

Même primaire que ci-dessus. Écartement des fils : 0.88 m.  
Le centre du cercle est au-dessus du plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE III.

Système nodal obtenu avec les plaques de 40 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud,
Moy. de 3 obs. } Zéro à 3.18 m. }	5.19 m.	déduit des séries II et III. 3.64

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.48 m. Écartement des fils : 0.88 m. Le centre du cercle au-dessus du plan des fils, le micromètre à 45 degrés.

## SÉRIE IV.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.
Moy. de 3 obs. } Zéro à 0.06 m. }	1.57 m.

Petit primaire à plaques de 30 cm.; distance des centres des plaques : 1.30 m. Écartement des fils : 0.80 m. Le centre du cercle au-dessus du plan des fils, le micromètre à 45 degrés.

## SÉRIE V.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et les disques de 40 cm. en E.

	Nœud.
Moy. de 3 obs. } Zéro à 0.93 m. }	3.92 m.

*Cercle de 0.26 m. de diamètre.*

Petit primaire; distance des centres des plaques : 0.68 m.

Écartement des fils : 0.35 m. Le centre du cercle dans le plan des fils, le micromètre au sommet du diamètre vertical.

## SÉRIE I.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

A		B	
Nœud.		Nœud	
	0.47 m.		
Moy. de 3 obs.	1.62	Observé.	Calculé.
Zéro à 0.06 m.	2.64	0.47 m.	0.47 m.
	3.83	1.62	1.59
Moy. de 3 obs.	3.86	2.64	2.71
Zéro à 3.46 m.	4.96	3.83	3.83
et de 2 obs.	6.05	4.96	4.96
Zéro à 3.35 m.	7.19	6.05	6.07
		7.19	7.19
Valeur moyenne de l'internœud : 1.12 m.			

Grand primaire; distance des centres des sphères : 1.10 m. Écartement des fils : 0.35 m. Même disposition du cercle que ci-dessus.

## SÉRIE II.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.

	Nœud.	Internœud.
Moy. de 3 obs.	0.43 m.	1.14 m.
"	1.57	1.10
"	2.67	

Petit primaire à plaques de 20 cm.; distance des centres : 0.68 m. Écartement des fils : 0.45 m. Fils ayant un diamètre de 0.8 mm. et une longueur de 10.60 m.

## SÉRIE III.

Système nodal obtenu avec les disques de 24 cm. en O et l'extrémité E libre.



	Nœud.	Internœud.
1 obs.	0.46 m.	
Zéro à 0.06 m.	1.62	1.46 m.
	2.73	1.41
	3.88	1.45

## V. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.

*Degré de précision des mesures.* Les nombres inscrits dans les tableaux du n° IV sont le plus souvent la moyenne de trois observations, et chaque observation est, comme on l'a expliqué, donnée par la moyenne arithmétique des deux lectures de la division qui correspondent aux deux points d'extinction de part et d'autre du nœud. Pour qu'on se rende compte de notre manière de procéder, voici les valeurs des trois observations relatives à la seconde et à la dernière des données du tableau A de la série I du cercle de 36 cm.

	2 <sup>me</sup> nœud.	3 <sup>me</sup> nœud.
Le 0 du banc { 1 <sup>re</sup> observ.	1.77 m.	3.32 m.
à 0.32 m. { 2 <sup>me</sup> "	1.69	3.15
{ 3 <sup>me</sup> "	1.75	3.30
Moyenne.....	1.74	3.29
Ajoutant 0.32.....	2.06	3.61

	5 <sup>me</sup> nœud.	6 <sup>me</sup> nœud.	7 <sup>me</sup> nœud.
Le 0 du banc { 1 <sup>re</sup> observ.	0.68 m.	2.26 m.	3.79 m.
à 5.72 m. { 2 <sup>me</sup> "	0.68	2.20	3.61
{ 3 <sup>me</sup> "	0.66	2.22	3.70
Moyenne.....	0.67	2.23	3.70
Ajoutant 5.72.....	6.39	7.95	9.42

La valeur de l'internœud dans le premier tableau est 1.45 m., les deux valeurs du second sont 1.56 et 1.47 m. On voit que l'erreur sur l'internœud s'élève à 9 cm. et que l'erreur d'une observation par rapport à la moyenne

des trois se trouve avoir à peu près la même valeur maxima. En admettant que les nœuds sont mesurés à 10 cm. près, on estime approximativement la limite des erreurs moyennes.

*Deux valeurs différentes de la distance du premier nœud à l'extrémité du fil.* Il résulte en premier lieu des tableaux que les deux dispositions différentes qui consistent, l'une à laisser libre l'extrémité des fils la plus éloignée du primaire, l'autre à munir cette même extrémité d'un disque conducteur, donnent lieu à deux systèmes différents de points nodaux. Dans le premier cas, il se produit un ventre à l'extrémité et, par conséquent, un premier nœud à un quart de longueur d'onde; dans le second cas, il se produit un nœud à l'extrémité et le premier nœud que l'on constate par deux extinctions de l'étincelle s'en trouve à une demi-longueur d'onde. Avec le cercle de 0.75 m., les séries I, III, V donnent 1.22, 1.26 et 1.24 m. pour le premier nœud et les séries II, IV, VI donnent 3.37, 3.08 et 3.39 m., et comme on le verra, ce déplacement du premier nœud correspond à un demi-internœud, en tenant compte des perturbations à l'extrémité. Il en est de même pour les autres résonateurs, et en particulier avec le cercle de 0.36 m., les séries I, III donnent pour le premier nœud 0.60 et 0.58 et les séries II, IV, 1.62 m. Dans les deux cas le système nodal est constaté par le même procédé, c'est-à-dire par la mesure de la position des nœuds successifs. Nous reviendrons sur la valeur de la distance du premier nœud à l'extrémité.

*Équidistance des nœuds.* D'une manière générale les

tableaux numériques établissent avec certitude l'existence de systèmes nodaux réguliers. C'est de la partie B de chaque tableau que ressort la constance de l'internœud comme nous allons le montrer en prenant de préférence la série I du cercle de 36 cm. pour lequel l'internœud entre un nombre de fois suffisamment grand dans la longueur totale des fils. Dans cette série l'internœud moyen est calculé en divisant 8.82, différence des positions du dernier et du premier nœud par 6, nombre des internœuds, ce qui donne 1.47. Au moyen de cette valeur, on calcule les nombres de la seconde colonne inscrits sous l'indication *calculé* : par exemple, on obtient le quatrième nombre en ajoutant à 0.60 le produit de 1.47 par 3. La concordance des deux colonnes est telle que la constance de l'internœud résulte de nos observations avec tout le degré d'exactitude qu'elles comportent. La série I du cercle de 26 cm. donne également six internœuds qui ne portent que sur une longueur de fil moindre, celle qui correspond à deux longueurs successives du banc.

Il importe de remarquer que les nombres trouvés pour un même nœud avec deux ou même trois positions différentes du banc concordent entre eux. Ainsi, dans le tableau A de la série II, cercle de 75 cm., le second nœud est donné par les nombres 6.31 et 6.43 résultant des moyennes de trois observations 3.13 et 1.03 auxquelles on a ajouté respectivement les distances du zéro 3.18 et 5.40. De même dans le tableau A de la série II, cercle de 36 cm., le quatrième nœud est donné par les nombres 6.11, 6.03 et 6.02 provenant des moyennes 3.37, 0.68 et 0.30, auxquelles on a ajouté respectivement 2.74, 5.35 et 5.72, distances du zéro de la graduation pour les trois positions successives du banc. Cette vérification de la

position d'un point nodal est une preuve importante de sa réalité, parce que les deux ou les trois mesures sont complètement indépendantes l'une de l'autre. On ne peut pas leur attribuer la solidarité qui résulte de la connaissance anticipée qu'a l'observateur de la position approximative d'un nœud par rapport à celui qui le précède. Il est possible, par contre, que la détermination des nœuds qui se suivent, pour une même position du banc, soit facilitée par une intention à demi consciente de l'observateur.

*Constance de l'internœud d'un même résonateur.* C'est pour mieux faire ressortir des tableaux numériques ce résultat de nos observations que les séries relatives à un même résonateur se trouvent placées à la suite les unes des autres. La simple inspection de la suite des valeurs que prend l'internœud moyen pour les diverses séries d'un même cercle suffit pour établir cette constance. Ainsi, pour le cercle de 75 cm., on a : 3, 2.96, 2.95, 2.96, 2.99 m., laissant de côté 3.26 m. qui provient d'une série où un seul internœud est observé; pour le cercle de 50 cm., les internœuds moyens sont : 1.93, 1.97, 2.02, 1.90, 1.99 m.; pour le cercle de 36 cm., on a : 1.47, 1.48, 1.46, 1.42 m. Il faut donc admettre qu'un internœud, sinon absolument constant, n'offrant du moins qu'une variation au-dessous des erreurs probables de nos mesures, accompagne l'exploration du champ par un résonateur donné, quelles que soient les autres conditions du mouvement électrique et en particulier les dimensions de l'oscillateur primaire. De fait cette constance de l'internœud s'impose de telle manière dans l'observation qu'il n'y a pas lieu de chercher si l'internœud varie lors-

qu'on se sert successivement du grand et du petit primaire, mais si l'on obtient dans les deux cas des effets mesurables.

Avec la plupart des cercles les résultats sont nettement affirmatifs. Pour le cercle de 75 cm. les séries I et II sont obtenues avec le grand primaire, longueur de 1.20 m., et les autres avec le petit primaire, longueur de 0.68. Pour le cercle de 50 cm. les séries I, II, III appartiennent au grand primaire, les autres au petit primaire. Pour le cercle de 36 cm. toutes les séries, sauf la série V, appartiennent au petit primaire et la série V donne bien l'internœud des précédentes, mais le petit nombre des nœuds déterminés provient de la faible intensité des effets, sans que nous puissions rattacher par des observations suffisantes la faiblesse de l'intensité à l'emploi du grand primaire. Pour le cercle de 26 cm. la série II avec le grand primaire donne le même internœud que la série I avec le petit primaire.

Le déplacement du premier nœud suivant que l'extrémité est libre ou munie d'un disque laisse l'internœud constant, ce qui ressort de la comparaison des séries I et II, III et IV, V et VI du cercle de 75 cm., de la comparaison des séries I et III, IV et V du cercle de 50 cm. et de la comparaison des séries I et II, III et IV du cercle de 36 cm.

L'écartement des deux fils le long desquels a lieu le mouvement électrique est sans influence sur la valeur de l'internœud du résonateur. Ainsi pour le cercle de 75 cm. l'écartement est successivement : 0.88, 0.80 et 0.45 m.; pour le cercle de 50 cm. il est : 0.88, 0.60 et 0.45 m. Pour le cercle de 36 cm. l'écartement de 0.45 m. est la seule valeur donnée à cet élément, parce que les effets

sont très faibles lorsque les fils ne se trouvent pas dans le voisinage du cercle. Là encore la question d'intensité se substitue à celle de la position des nœuds. On doit remarquer qu'un écartement des fils moindre que le diamètre du cercle implique pour celui-ci une position du centre au-dessus du plan horizontal passant par les deux fils; il en résulte que la demi-circonférence du résonateur où se trouve le micromètre et celle qui est continue, ne sont plus symétriquement placées par rapport au plan des fils, mais la valeur de l'internœud n'en est pas altérée. Une inclinaison de 45 degrés du micromètre, par rapport au diamètre vertical sur lequel il se trouve ordinairement, ne change pas non plus les résultats. Cette inclinaison a pour objet, en rapprochant l'étincelle de l'observateur, d'en faciliter la vue.

L'internœud correspondant à un même résonateur est également indépendant de la manière dont les fils se terminent du côté du primaire. En premier lieu, les dimensions de la plaque ou du disque, qu'on peut appeler disque collecteur et qui est disposé à quelques centimètres de la capacité du primaire, varient sans changer le système nodal; on le voit par la comparaison des séries I et II, cercle de 75 cm., où les plaques ont 40 cm. de côté avec les séries III et IV où elles sont remplacées par les disques de 24 cm. de diamètre. On peut de même comparer la série I, cercle de 50 cm., avec les autres séries. En second lieu, on obtient encore le même internœud quand on supprime la plaque collectrice et que l'extrémité libre du fil se trouve en regard de la sphère ou de la plaque du primaire. C'est ce que montrent les séries III et IV, cercle de 36 cm., relatives à cette disposition de l'extrémité O des fils.

Enfin on peut se demander si la longueur des fils et

leur diamètre ont une influence sur le système nodal. Sur le premier point, la série VI, cercle de 36 cm., relatives à des fils dont la longueur est de 4 à 5 m. au lieu de 10, montre que l'on obtient le même système nodal avec le même résonateur.

Sur le second point, la série VII du cercle de 36 cm. et la série II du cercle de 26 cm., où des fils de 0.8 mm. sont substitués aux fils de 1.8 mm., prouvent la constance de l'internœud. Des fils de diamètres différents agissent donc de la même manière. La série VII du cercle de 75 cm. montre que même le long d'un tube cylindrique de 5.5 cm. de diamètre la propagation de l'onde produit l'internœud constant du résonateur. Dans cette expérience, on emploie un seul conducteur cylindrique et, par conséquent, une seule plaque en regard d'une des sphères du primaire.

*L'internœud varie d'une manière continue avec les dimensions du résonateur.*

Il résulte des considérations qui précèdent que la valeur de l'internœud avec un certain résonateur est unique. D'autre part, le diamètre des cercles employés variant entre 26 cm. et 1 m., on peut obtenir, avec le même primaire, des internœuds variant entre 1.12 m. et 4 m. Un certain nombre d'expériences non consignées dans les résultats numériques prouvent que la longueur d'onde susceptible d'être constatée dans le mouvement ondulatoire émanant d'un seul et même primaire varie d'une manière continue avec les dimensions du résonateur employé.

Ce sont, en premier lieu, des observations au moyen d'un résonateur rectangulaire extensible. La tige où se

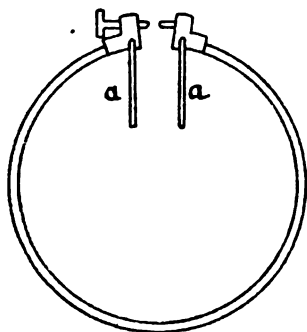
trouve le micromètre et la tige opposée ont une longueur invariable et se relient par des tiges tubulaires coudées à angle droit aux deux autres côtés du rectangle, dont on fait varier la longueur. On a déterminé le premier nœud de ce résonateur en donnant successivement au côté variable, qui est disposé verticalement, les valeurs indiquées ici. Le côté horizontal a une longueur de 0.65 m.

Côté vertical.	Périmètre.	Nœud.
0.22 m.	1.74 m.	0.70 m.
0.46	2.22	1.00
0.72	2.74	1.25

Toute variation du périmètre donne donc lieu à une variation correspondante de la distance du premier nœud et, par conséquent, de la valeur de l'internœud.

En second lieu, on dispose aux deux pôles du résonateur de 36 cm., comme le montre la figure 7, deux

Fig. 7.



appendices *a* consistant en deux fils de cuivre insérés à frottement juste dans les plaques du micromètre. Voici



les résultats obtenus en donnant successivement aux appendices trois longueurs différentes :

Valeur de $\alpha$ .	Premier nœud.	Second nœud.	Internœud.
10 cm.	0.66 m.	2.30 m.	1.64 m.
20	0.79	2.56	1.77
30	0.88	3.02	2.14

Les appendices, bien que prolongeant le conducteur au delà du micromètre, ont le même effet qu'une augmentation équivalente de périmètre et déterminent une augmentation graduelle de l'internœud. Ces résultats s'accordent avec ceux que M. Hertz a fait connaître dans son premier mémoire<sup>1</sup> : Pour obtenir la résonance du secondaire avec un primaire donné, l'auteur règle la capacité du secondaire en suspendant à ses extrémités des fils de longueur variable.

*La distance du premier nœud à l'extrémité dans le cas où cette extrémité est libre, est égale à la moitié de la circonférence du résonateur. On a déjà dit, à propos des deux valeurs différentes de la distance du premier nœud, que celle dont il est question ici est un quart de longueur d'onde, c'est-à-dire un demi-internœud. Mais ce n'est qu'une indication approximative et cette distance est en fait un peu inférieure au demi-internœud. Disons en passant que cette différence en moins constitue une analogie frappante avec les perturbations aux extrémités dans le cas des interférences de l'onde sonore dans un tuyau ouvert. On verra que cette différence ne semble*

<sup>1</sup> Ueber sehr schnelle electrische Schwingungen. *Wiedemann's Annalen*, 1887; t. XXXI, p. 421.

pas constante, mais augmente avec les dimensions du résonateur. Mais en premier lieu, une remarquable concordance entre la valeur même de la distance du premier nœud et la demi-circonférence du résonateur mérite d'attirer l'attention. Dans le tableau suivant se trouvent en regard le diamètre du résonateur, sa demi-circonférence et la distance du premier nœud; cet élément est déduit, pour le cercle de 0.26 de la moyenne des séries I, II et III; pour le cercle de 0.36 m. de la moyenne des séries I, III; pour le cercle de 0.50 m. de la moyenne des séries I, II, IV; pour le cercle de 0.75 m. de la moyenne des séries I, III, V, et pour le cercle de 1 m. de la moyenne des séries I, II et IV.

Diamètre du résonateur.	Demi- circonférence.	Distance du premier nœud.
0.26 m.	0.41 m.	0.45 m.
0.36	0.56	0.59
0.50	0.78	0.76
0.75	1.17	1.24
1.00	1.57	1.58

En second lieu, si l'on compare, comme nous le disions plus haut, la distance du premier nœud au demi-internœud, on trouve les résultats suivants. Les internœuds sont pour les cercles de 0.75, de 0.50 et de 0.36 m. les moyennes des valeurs énumérées plus haut à propos de la constance de l'internœud, pour le cercle de 0.26 m. la valeur résultant de la série I qui porte sur le plus grand nombre de nœuds, et pour le cercle de 1 m. la moyenne résultant des séries I, II et III.

Diamètre du résonateur.	Demi- internœud.	Distance du premier nœud.	Différence.
0.26 m.	0.36 m.	0.45 m.	0.11 m.
0.36	0.73	0.59	0.14
0.50	0.98	0.76	0.22
0.75	1.48	1.24	0.24
1.00	1.92	1.58	0.34

La différence augmente, comme on le voit, avec le diamètre du cercle, et si l'on compare les résultats les moins entachés d'erreur, ceux des trois cercles moyens, elle est sensiblement proportionnelle au diamètre. Il résulterait de cette proportionnalité que l'internœud lui-même serait proportionnel à la circonférence du résonateur, puisque les nombres de la troisième colonne, d'après ce qui précède, coïncident avec les longueurs des demi-circonférences.

*La distance du premier nœud à l'extrémité lorsque celle-ci est insérée dans une plaque conductrice est plus grande que l'internœud.* On a dit plus haut que dans ce cas il y a un nœud à l'extrémité, mais ce nœud est un peu déplacé du côté du primaire et cette perturbation à l'extrémité est à comparer avec ce qu'on observe pour l'onde sonore dans un tuyau fermé. Le tableau suivant donne la valeur de la différence.

Diamètre du résonateur.	Internœud.	Distance du premier nœud.	Différence.
0.36 m.	1.46 m.	1.62 m.	0.16 m.
0.50	1.96	2.17	0.19
0.75	2.97	3.28	0.31

La différence augmente avec le diamètre et les nombres de la quatrième colonne peuvent laisser supposer la proportionnalité.

En remplaçant le disque à l'extrémité du fil par une plaque carrée qui, au lieu d'être disposée dans un plan perpendiculaire au fil, était dans un plan horizontal passant par le fil, nous avons constaté le même système nodal. Il en résulterait que l'action de la plaque ne dépend pas de son orientation par rapport à la direction rectiligne du fil.

Lorsqu'on joint par un conducteur les deux extrémités des fils, il s'y produit le système nodal que nous obtenons aussi avec les disques, c'est-à-dire un nœud aux extrémités ainsi réunies. Nous avons souvent constaté ce résultat donné par M. Hertz.

L'expérience consistant à placer le résonateur dans un nœud du système d'ondes stationnaires correspondant au cas où l'extrémité des fils est libre et à faire disparaître l'étincelle en joignant les deux extrémités, ou en y adaptant des disques, met bien en évidence la réalité des maxima et minima, et démontre d'une manière élégante que les nœuds de l'un des systèmes correspondent, à peu de choses près, aux ventres de l'autre.

*Intensité relative de la force électromotrice aux ventres et aux nœuds.* On peut évaluer la force électromotrice mise en jeu dans le résonateur par la longueur de l'étincelle au micromètre. Nos moyens de mesure ne sont pas assez délicats pour que les résultats quantitatifs puissent donner autre chose que des indications approximatives. Avec le cercle de 36 cm. dont la vis, comme on l'a dit, porte un disque divisé, il a été possible de déterminer les quelques données suivantes.

On établit en premier lieu quelle est la division correspondant au contact de la pointe de la vis avec le bouton

opposé en cherchant la position de la vis pour laquelle l'étincelle, de plus en plus raccourcie, cesse enfin par ce contact même. Pour cela, il est bon d'appliquer le résonateur contre le fil, ce qui produit une étincelle plus brillante, dont la disparition au moment du contact est plus nette. On trouve ainsi une demi-division au delà du zéro.

Le résonateur fonctionnant, avec un écartement des fils de 0.45 m, et le petit primaire, on trouve pour la limite supérieure de la longueur de l'étincelle dans un ventre,  $3 \text{ à } 3 \frac{1}{2}$  divisions, ce qui ajouté à la demi-division négative donne 7 à 8 centièmes de millimètre. Avec cette longueur maxima l'étincelle est trop intermittente pour reparaitre nettement. On obtient un meilleur résultat entre  $2 \frac{1}{2}$ , et  $1 \frac{1}{2}$  divisions, donnant une longueur de 0.04 à 0.06 mm. C'est dans ces conditions que les nœuds sont le plus apparents. Pour une longueur correspondant à une division, 0.03 mm., l'étincelle paraît dans le nœud. Entre la limite supérieure dans le ventre et la limite inférieure dans le nœud, il y a donc à peu près le rapport de 2 à 1.

Pour le cercle de 75 cm. fonctionnant avec le grand primaire, on a évalué approximativement les fractions de circonférence dont on faisait tourner la vis qui a le même pas d'un demi-millimètre. On a trouvé pour limite supérieure dans le ventre 0.75 mm. et pour limite inférieure dans le nœud 0.25 mm. Le rapport des longueurs de l'étincelle est donc environ 3. On voit, d'après ces valeurs, que l'étincelle dans ce résonateur est dix fois plus longue que dans le résonateur de 36 cm.

Quant aux intensités respectives des forces électromotrices dans un même résonateur, lorsqu'on fait varier le primaire, les résultats de nos observations qui n'ont pas

été dirigées dans ce sens ne nous permettent pas de discuter ce point important. La distance des fils au cercle a une influence évidente sur l'intensité et il faudrait séparer cette cause de variation, l'écartement des fils, de la cause à évaluer, les dimensions du primaire. Il est toutefois à reconnaître que les résultats les plus nets sont obtenus pour le cercle de 75 cm. avec le grand primaire et pour le cercle de 36 cm. avec le petit primaire.

Il en est de même pour la variation de l'intensité avec la longueur des fils. Nos essais d'évaluation ne nous ont pas donné des résultats assez nets pour que nous ayons pu les consigner dans ce travail.

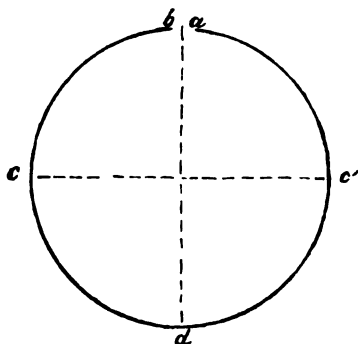
Enfin nous avons à mentionner les résultats négatifs que nous a donnés le résonateur rectiligne, lorsque nous avons cherché à constater des minima le long des fils. Il ne nous a pas été possible de trouver une variation de l'étincelle qui devient cependant aussi intense que celle d'un résonateur circulaire lorsqu'on approche les extrémités de la tige, tenue horizontalement et transversalement par rapport aux fils, du plan des fils. L'adjonction des capacités aux deux extrémités de la tige augmente l'étincelle, mais ne semble pas déterminer la production des minima. Peut-être les maxima sont-ils relativement moins intenses que dans le résonateur circulaire et exigent-ils un procédé de mesure plus minutieux.

#### *Explication théorique de la résonance.*

Il est naturel de chercher dans la théorie des mouvements oscillatoires une explication de la relation trouvée entre le périmètre du résonateur et la distance du pre-

mier nœud. On entrevoit une analogie entre le renforcement d'une ondulation par le résonateur, due aux réflexions multiples aux extrémités, et le renforcement des sons par un tuyau ouvert. L'explication que nous proposons semble s'accorder avec les principales données de la résonance. Considérons le résonateur et un seul fil, car le second ne fait que doubler l'action. Appelons *diamètre de symétrie* celui qui passe par le micromètre et par le point *d* de la figure 8, et *transversal* le diamètre perpen-

Fig. 8.



diculaire  $cc'$ . Nous supposons le fil très voisin du cercle, condition nécessaire à une action intense. L'étincelle dépend, comme l'a montré M. Hertz, de la position du fil le long du cercle. Elle est nulle lorsque le fil est en *d* et maxima lorsqu'il se trouve en *c* ou *c'*. Supposons le fil dans la position d'effet maximal, à l'une des extrémités du diamètre transversal, et admettons que le cercle satisfait à la condition d'égalité entre son demi-périmètre et la distance du premier nœud.

La production de l'étincelle entre deux pôles métalliques, à travers une couche d'air, ne semble pas pouvoir être rapportée à la force électromotrice sur le conducteur et dans son voisinage, mais plutôt à la différence de tension ou d'électricité libre entre les deux pôles. D'autre part, la relation entre la tension ou densité électrique à la surface du conducteur, en un quelconque de ses points, et la force électromotrice oscillatoire n'est pas connue et doit être l'objet d'une hypothèse. Nous admettons que la tension en un point d'un conducteur où se propage l'ondulation est elle-même oscillatoire, avec la même période que la force électromotrice, et que l'amplitude maximale de tension est simultanée, pour un point quelconque, avec le passage par zéro de la force. Ainsi, le long d'une ondulation électrique, la force électromotrice étant nulle à l'origine et aux distances  $\lambda/2$  et  $\lambda$ , la tension est  $+e$  à l'origine,  $-e$  à la distance  $\lambda/2$  et de nouveau  $+e$  à la distance  $\lambda$ , en désignant par  $e$  la tension maxima.

Nous considérons la force électromotrice qui émane du fil en  $c$  comme se propageant suivant les rayons du cylindre dont le fil est l'axe. Elle est donc dirigée suivant la tangente au cercle et simultanément dans les deux directions contraires, et nous admettons que chaque onde n'est propagée le long du cercle que suivant la direction de la force. L'onde marchant vers  $d$  parvient à l'extrémité  $a$  avec un retard sur le point  $c$  de  $3/8 \lambda$ , en supposant d'abord que le demi-périmètre est exactement  $\lambda/4$ . Supposons que la tension développée en  $a$  ne suffise pas pour produire l'étincelle; il y a réflexion et, à cause de la grandeur du cercle, le retard en  $b$  de l'onde réfléchie est, par rapport à  $a$ ,  $\lambda/2$ ; on voit qu'une seconde réflexion en  $b$  et un nombre quelconque de réflexions successives don-



nent lieu, en  $a$  et en  $b$ , à deux sommes d'états simultanés, différant entre elles d'une demi-longueur d'onde. D'après ce que nous admettons, cette différence de phase est accompagnée de la différence de tension maxima à un certain instant de la période oscillatoire, et cette différence est supposée susceptible de produire l'étincelle à cet instant. L'onde propagée à partir de  $c$  vers  $b$  parvient en  $b$  avec un retard sur  $c$  de  $\lambda/8$  et, par conséquent, la différence de chemin avec  $a$  est  $\lambda/4$ ; cette onde donne lieu, comme la première, à des réflexions successives qui la renforcent et la rendent capable de produire l'étincelle; la différence de chemin  $\lambda/4$  a pour conséquence que le maximum de différence de tension de la première onde coïncide avec une différence nulle pour la seconde, de manière que les deux étincelles sont indépendantes. En réalité, le demi-cercle est un peu inférieur au quart de longueur d'onde; la réflexion en  $a$  et en  $b$  produit un ventre un peu au delà de ces points et un nœud commun en  $d$ ; il y a donc, d'une part, augmentation à peu près maximale de l'intensité en  $a$ , par le fait du ventre fixe, et état stable en  $d$ , à cause de l'identité des états superposés. Les ventres de tension coïncident avec ceux de force électromotrice, si l'on admet que la réflexion a lieu de la même manière pour les deux éléments, sans changement de signe. Soit  $r$  le retard dû à la réflexion ou la distance du ventre fictif au delà de  $a$ . On voit que, dans les réflexions successives, ce retard ne s'ajoute pas à lui-même, puisque le nœud se trouve toujours en  $d$ , que l'onde soit réfléchi en  $a$  ou en  $b$ . Les états dus aux réflexions successives en  $a$  et  $b$  sont donc concordants et très voisins de la condition de différence maximale trouvée avant de considérer le retard  $r$ .

## VI. CONCLUSIONS

Les ondulations électriques, en se propageant le long de fils conducteurs dont les extrémités sont isolées, donnent lieu, comme l'a montré M. Hertz, par une de ses expériences les plus décisives, à des phénomènes d'interférence. Deux fils, tendus parallèlement entre eux à partir de deux plaques métalliques placées en regard des capacités de l'oscillateur ou primaire et dont l'autre extrémité reste isolée, sont entretenus dans un état oscillatoire et l'onde réfléchie à l'extrémité isolée interfère avec l'onde directe. Il s'établit une onde stationnaire à ventres et à nœuds équidistants. L'état électrique des fils et du milieu ambiant est révélé par la force électromotrice qui agit sur un conducteur circulaire discontinu, et y produit une étincelle, le plan du cercle étant normal au fil. L'étincelle passe par des minima et des maxima équidistants, lorsqu'on déplace le cercle d'un bout à l'autre des fils. M. Hertz a également établi qu'à l'extrémité libre du fil se trouve un ventre, par une analogie remarquable avec l'onde sonore d'un tuyau ouvert, et que si l'on joint par un conducteur les extrémités des deux fils, c'est au contraire un nœud qu'on y constate, comme dans le cas d'un tuyau fermé.

Cette expérience fondamentale est le point de départ de nos recherches. Nous avons fait varier les dimensions du résonateur, avons associé un même résonateur à des primaires différents et réciproquement un même primaire à des résonateurs différents. Nous avons obtenu le nœud à l'extrémité du fil en y fixant une plaque

métallique et avons, en résumé, trouvé une confirmation de l'expérience type étendue à des variations nombreuses. *L'existence de nœuds équidistants constatée par un grand nombre de mesures indépendantes les unes des autres et faisant retrouver le même nœud pour une même disposition de l'expérience, confirme la propagation ondulatoire de l'état électrique du fil.*

La relation entre l'oscillateur et le résonateur est un point sur lequel nos observations, sans être en opposition avec celles de M. Hertz, leur donnent une interprétation différente de la sienne. En effet, un système de nœuds successifs, avec un certain internœud, suppose une longueur d'onde déterminée qui est celle de l'oscillation électrique constatée. M. Hertz commence par établir directement la résonance du secondaire par rapport au primaire. Avec un résonateur donné, l'étincelle est maxima lorsque l'oscillateur prend certaines dimensions, et, réciproquement, avec un oscillateur donné, il faut choisir un résonateur d'un certain diamètre afin d'obtenir l'étincelle maxima. Ceci admis, M. Hertz, dans l'expérience des fils, emploie le résonateur à l'unisson avec l'oscillateur et attribue à celui-ci la longueur d'onde trouvée par l'observation des nœuds. Or, d'après nos résultats, si au lieu du résonateur à l'unisson, on en prend un autre de dimensions plus grandes ou moindres, le phénomène d'interférence subsiste, mais on trouve un internœud différent du premier, parce que l'internœud est une constante du cercle employé. Il faut donc attribuer cette longueur d'onde nouvelle également à l'oscillateur et admettre qu'elle fait partie, avec une intensité que nous ne cherchons pas à évaluer, du mouvement oscillatoire complexe qui en émane. On peut énoncer cette donnée du phéno-

mène comme suit : *La valeur de l'internœud est constante pour un même résonateur, quel que soit l'oscillateur.*

Puisque un résonateur donné ne peut révéler qu'une longueur d'onde, toujours la même, qui lui est propre, il y a lieu de chercher comment cette valeur dépend des dimensions du cercle et aussi de constater si toute valeur possible entre certaines limites est susceptible d'être obtenue.

Sur le premier point, nous avons trouvé la relation d'égalité entre la distance du premier nœud à l'extrémité libre du fil, et le demi-périmètre du cercle. La distance du premier nœud serait un quart de longueur d'onde si le ventre se trouvait exactement à l'extrémité, mais, par une nouvelle analogie avec l'onde sonore dans un tuyau ouvert, une perturbation à l'extrémité fait que le ventre se trouve à quelques centimètres au delà. La distance du premier nœud à l'extrémité, lorsqu'elle est libre, est donc un peu moindre que le demi-internœud et d'après nos résultats : *La valeur de la distance du premier nœud à l'extrémité libre est égale à la moitié de la circonférence du résonateur.*

Cette loi montre assez clairement quel est le jeu du résonateur et le rôle des réflexions multiples qui se produisent à ses deux extrémités. L'explication théorique que nous avons donnée peut se résumer de la manière suivante : *La résonance est un renforcement de l'ondulation électrique par la réflexion multiple aux extrémités du conducteur circulaire, la condition du renforcement étant que le quart de longueur d'onde, diminué du retard de réflexion à l'extrémité, soit égal au demi-périmètre du résonateur.*

Quant au second point, la continuité de la variation

de l'internœud avec les dimensions du résonateur est certaine. Un résonateur rectangulaire à périmètre variable donne un internœud variable aussi. De même des appendices de longueur variable, adaptés au résonateur circulaire, font subir à son internœud des accroissements équivalents. En comparant entre eux les résultats donnés par les cinq différents cercles employés, dont l'un en particulier, celui de 36 cm., ne présente un rapport simple de dimensions avec aucun des quatre autres, nous trouvons que : *L'internœud d'un résonateur circulaire est sensiblement proportionnel à son diamètre.*

De l'ensemble des observations rapportées dans ce mémoire il résulte enfin en dernière analyse que : *Dans le mouvement oscillatoire électrique qui émane d'un exciteur Hertzien, on peut révéler une onde d'une grandeur quelconque entre certaines limites. Le système ondulatoire produit par l'excitateur doit par conséquent contenir toutes les longueurs d'onde possibles entre ces limites, chaque résonateur choisissant dans cet ensemble complexe, pour en montrer les ondes stationnaires, l'ondulation dont la période correspond à la sienne propre. C'est donc ce qu'on peut appeler LA RÉSONANCE MULTIPLE des ondulations électriques, comme on a déjà appelé RÉSONATEURS les appareils destinés à mettre en évidence ce mouvement ondulatoire électrique lui-même.*

---

# NOTE

SUR LA

## RÉGULARISATION DU LAC LÉMAN EN 1889

PAR

**M. Th. TURRETTINI**

BASÉE

SUR LES OBSERVATIONS LIMNIMÉTRIQUES FAITES A SÉCHERON

PAR

**M. Ph. PLANTAMOUR**

---

Avec planche XI.

---

Une note<sup>1</sup> sur la régularisation du lac Léman, en 1888, a paru dans le numéro de février 1889 des *Archives des sciences*. Cette note consignait les résultats obtenus dans une première année d'expérience, mais ces résultats n'étaient pas encore absolument complets, car certains obstacles s'opposaient encore au libre écoulement du Rhône.

L'année 1889 présente donc, outre l'intérêt d'une

<sup>1</sup> Note sur la régularisation du lac Léman en 1888, par M. Th. Turrettini. *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, février 1889, tome XXI.

première année d'expérience complète, la circonstance de certains phénomènes météorologiques qui ont permis de constater l'heureux résultat des travaux destinés à la régularisation du lac.

La planche qui est annexée à cette note contient les indications suivantes :

1° La courbe *noire* indique le niveau du lac dans l'année 1874. On se souvient que c'est sur le niveau des eaux de cette année (dont le régime avait fait l'objet d'une étude jour par jour de la part de M. l'ingénieur Legler) qu'a été étudié le projet d'abaissement de 60 à 65 centimètres des hautes eaux du lac.

2° La courbe *rouge* est la courbe qui fut calculée par M. Legler pour l'année 1874 en supposant les travaux de régularisation exécutés. Cette courbe, calculée par M. Legler pour un limnimètre placé dans le port de Genève, près du pont du Mont-Blanc, a été rapportée sur la planche au limnimètre de Sécheron, pour tenir compte de la pente qui existe entre les deux points (environ 12 centimètres en hautes eaux).

3°. La courbe *bleue* indique le niveau *réel* atteint par le lac en 1889, les travaux de régularisation étant terminés.

4° La courbe *rouge pointillée* indique le niveau calculé qu'aurait atteint le lac en 1889, si les travaux n'avaient pas été faits.

Pour établir cette courbe, l'on s'est servi des chiffres fournis par les jaugeages de M. Legler, en 1874, qui donnaient le débit du Rhône pour chaque niveau du lac.

Connaissant, d'autre part, le nouveau débit du Rhône constaté par une série de jaugeages faits l'an dernier, ainsi que les variations journalières du lac sous l'influence

des excédants des entrées sur les sorties et *vice versa*, l'on a pu faire le calcul inverse de celui qu'avait fait M. Legler pour 1874, et déterminer d'une façon très précise le niveau qu'aurait eu le lac sans les travaux faits à Genève.

Il résulte de cette étude :

a) Que le lac a atteint la cote de PN — 0<sup>m</sup>,89 (au limnimètre du Jardin anglais PN — 1<sup>m</sup>,005) dépassant de 0<sup>m</sup>,295 le niveau des hautes eaux normales ;

b) Que le lac aurait atteint, sans la régularisation, la cote de PN — 0<sup>m</sup>,18 (au Jardin anglais PN — 0<sup>m</sup>,33) dépassant ainsi de 0<sup>m</sup>,71 le niveau réellement atteint et de 1<sup>m</sup>,005 le niveau normal des hautes eaux.

Cette cote de PN — 0<sup>m</sup>,18 n'a été dépassée dans ce siècle qu'en 1816, 1817 et 1846.

Les eaux de 1889 auraient été de 0<sup>m</sup>,04 plus élevées que celles de 1879 et de 0<sup>m</sup>,07 plus élevées que celles de 1877.

La crue a eu lieu extraordinairement tôt dans l'année, sous l'influence des grandes pluies et des chaleurs exceptionnelles de juin.

Elle a atteint son maximum le 30 juin. Sans les travaux de régularisation, ce maximum aurait été atteint le 2 juillet.

Les entrées moyennes du mois de juin 1889 ont atteint 661 mètres cubes par seconde.

Le maximum des apports est survenu le 15 juin avec 1330 mètres cubes par seconde.

Cette masse d'eau a causé une crue de 153 millimètres en vingt-quatre heures, la plus forte crue du siècle après celle du 2 octobre 1888 (208 millim.).

5° La courbe *bleue pointillée* représente le niveau du Rhône en aval du bâtiment des turbines. Une échelle



**Hauteurs moyennes diurnes du Lac Léman à Sécheron entre 9 h. et 3 heures.**

**1889**

Date.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Jun.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
1	<sup>m</sup> 1.672	<sup>m</sup> 1.452	<sup>m</sup> 1.390	<sup>m</sup> 0.989	<sup>m</sup> 1.046	<sup>m</sup> 1.867	<sup>m</sup> 2.108	<sup>m</sup> 1.832	<sup>m</sup> 1.608	<sup>m</sup> 1.827	<sup>m</sup> 1.827	<sup>m</sup> 1.576
2	1.683	1.440	1.271	0.930	1.071	1.889	2.102	1.805	1.608	1.832	1.825	1.556
3	1.680	1.438	1.289	0.954	1.088	1.625	2.102	1.798	1.614	1.830	1.805	1.543
4	1.687	1.435	1.246	0.949	1.109	1.670	2.076	1.795	1.644	1.830	1.774	1.533
5	1.641	1.435	1.253	0.947	1.139	1.694	2.086	1.795	1.655	1.831	1.774	1.531
6	1.627	1.425	1.222	0.855	1.190	1.702	2.035	1.788	1.685	1.825	1.775	1.526
7	1.624	1.418	1.214	0.900	1.223	1.719	2.047	1.783	1.690	1.821	1.781	1.515
8	1.619	1.422	1.207	0.943	1.249	1.735	2.048	1.783	1.637	1.811	1.762	1.514
9	1.611	1.411	1.204	0.938	1.266	1.733	1.997	1.778	1.619	1.827	1.746	1.498
10	1.612	1.407	1.199	0.952	1.298	1.781	1.988	1.758	1.618	1.822	1.739	1.488
11	1.607	1.389	1.197	0.952	1.348	1.796	1.984	1.744	1.613	1.885	1.711	1.484
12	1.606	1.427	1.211	0.944	1.369	1.793	1.980	1.740	1.606	1.710	1.696	1.504
13	1.604	1.436	1.210	0.944	1.394	1.776	1.986	1.735	1.630	1.744	1.681	1.502
14	1.602	1.373	1.207	0.937	1.402	1.805	2.003	1.734	1.633	1.764	1.667	1.503
15	1.589	1.399	1.222	0.937	1.422	1.958	2.023	1.713	1.643	1.774	1.654	1.502
16	1.578	1.443	1.231	0.931	1.418	1.991	2.006	1.673	1.648	1.770	1.643	1.499
17	1.568	1.403	1.174	0.942	1.425	2.001	1.993	1.681	1.616	1.773	1.634	1.492
18	1.562	1.396	1.160	0.938	1.444	2.005	1.994	1.672	1.585	1.771	1.624	1.479
19	1.549	1.388	1.132	0.915	1.460	1.988	1.993	1.661	1.572	1.770	1.615	1.474
20	1.543	1.375	1.125	0.915	1.463	1.981	1.984	1.673	1.555	1.788	1.609	1.471
21	1.538	1.386	1.119	0.919	1.478	2.013	1.985	1.705	1.541	1.757	1.594	1.466
22	1.530	1.381	1.125	0.938	1.485	2.019	1.929	1.709	1.503	1.785	1.594	1.466
23	1.549	1.372	1.114	0.963	1.499	2.031	1.937	1.741	1.534	1.807	1.589	1.465
24	1.537	1.353	1.091	0.971	1.509	2.043	1.931	1.730	1.545	1.794	1.575	1.465
25	1.503	1.339	1.074	0.994	1.511	2.048	1.907	1.739	1.534	1.789	1.548	1.466
26	1.489	1.396	1.066	1.007	1.512	2.049	1.872	1.720	1.543	1.797	1.566	1.460
27	1.483	1.312	1.059	1.003	1.513	2.056	1.872	1.707	1.539	1.775	1.559	1.461
28	1.481	1.292	1.053	1.005	1.512	2.072	1.918	1.684	1.532	1.770	1.577	1.484
29	1.474	.....	1.042	1.004	1.534	2.089	1.915	1.649	1.529	1.785	1.571	1.481
30	1.468	.....	0.967	1.025	1.542	2.110	1.886	1.618	1.518	1.806	1.567	1.478
31	1.459	.....	0.968	.....	1.552	.....	1.857	1.605	.....	1.820	.....	1.479

(bleue) placée à droite de la planche donne les débits moyens du Rhône en mètres par seconde rapportés au niveau du fleuve.

Il résulte de ces données sur le Rhône que son débit maximum a atteint, le 20 juin, 706 mètres cubes par seconde.

Avec l'ancien régime, le débit maximum du Rhône aurait été de 580 mètres cubes à la date du 3 juillet.

Au bas de la planche, on peut suivre les manœuvres exécutées pour l'ouverture et la fermeture des divers barrages dans le but de maintenir le lac aux hauteurs prévues par la convention intercantonale.

Au commencement de l'année 1889, le Conseil administratif de la Ville de Genève reçut de l'État de Vaud la demande d'abaisser le niveau du lac, dans le mois d'avril, en-dessous des cotes des basses eaux prévues, afin de permettre l'exécution de certaines fondations sur divers points des rives du lac. La Ville de Genève a acquiescé à cette demande et la cote minima PN — 2<sup>m</sup>,07 a été atteinte le 21 avril 1889. La cote normale des basses eaux est PN — 1<sup>m</sup>,90.

Le 15 juin, le barrage à rideaux a été fermé pendant quelques heures sur une dépêche de la Municipalité de Seyssel, qui craignait une catastrophe à la suite de la crue extraordinaire de l'Arve.

---

COMPOSITION  
DE  
QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS  
DU VALAIS ET DE SAVOIE

PAR  
MM. L. DUPARC et J. RADIAN

---

Les quelques schistes ardoisiers dont nous donnons les analyses dans le travail qui suit appartiennent tous au terrain carbonifère et à l'exception d'un seul, celui de Servoz en Savoie, proviennent du Valais. La plupart d'entre eux sont exploités et fournissent des matériaux de construction qui jouissent d'une certaine réputation. Bien que plusieurs de ces schistes aient déjà fait l'objet de recherches; celles-ci effectuées dans un but industriel sont nécessairement incomplètes au point de vue scientifique et n'ont du reste pas été publiées. A notre connaissance le seul travail traitant sommairement des schistes du Valais est celui de M. le prof. Brunner <sup>1</sup> qui, dans

<sup>1</sup> Brunner. Ueber Wertbestimmung der Dachschiefer (*Wochenschrift*).

une série de recherches comparatives effectuées dans le but de déterminer la valeur technique des schistes ardoisiers, s'est occupé de quelques-uns d'entre eux, principalement en vue de leur imbibition ainsi que de leur teneur en pyrite et carbonates.

Les différents spécimens du Valais examinés par nous proviennent de quatre localités, à savoir : Outre-Rhône, Salvan, Sembrancher, Isérable. Bien que semblables aux schistes d'autres pays; ils se distinguent microscopiquement entre eux par certaines différences soit dans la structure, soit dans le grain, la couleur et le degré de chistosité. Cette dernière n'y est du reste jamais très développée comme c'est le cas pour d'autres ardoises (celles de Servoz par exemple) qui se laissent débiter en feuillets excessivement minces. C'est même ce qui constitue un des seuls reproches qu'on peut faire à certains d'entre eux qui chargent trop les toitures dont on les couvre.

Leurs propriétés physiques varient passablement selon les échantillons. La dureté comprise entre  $2\frac{1}{2}$ -3 peut cependant atteindre le chiffre de  $4\frac{1}{2}$ . Les densités que nous avons généralement obtenues, un peu plus faibles que celles données pour les mêmes schistes, sont comprises entre 2,75 et 2,9. Ces densités ne paraissent pas toujours bien en rapport avec la composition des échantillons, fait qui se retrouve pour d'autres schistes de provenance fort diverse et étudiés par différents auteurs.

Quant à leurs réactions, ils sont tous difficilement fusibles au chalumeau, quelques-uns même sont complètement infusibles, les acides étendus les attaquent à chaud comme à froid, faiblement, il est vrai, c'est principalement du fer qui entre en solution accompagné de petites quantités d'autres éléments. Ils renferment de l'eau qui

## 168 COMPOSITION DE QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS.

ne se dégage qu'à une température relativement élevée et qui peut quelquefois être accompagnée de matières volatiles, cette eau est différente de celle hygroscopique qui se trouve toujours en faible quantité. Ils sont tous exempts de carbonates, en revanche la pyrite et le graphite y font rarement défaut, la première en faible proportion, le second pouvant atteindre jusqu'à 3 %.

Leur composition chimique bien que variant beaucoup d'un échantillon à l'autre montre cependant certains traits communs chez les schistes du Valais. Ainsi la silice y excède presque toujours 60 %, le maximum de cet élément étant de 69, chiffre relativement très élevé. Une grande partie de cette silice existe à l'état de quartz, comme on peut aisément le voir sous le microscope. La proportion d'alumine y est en moyenne de 20 %, avec un écart de 2 % en plus ou en moins. Le fer qui y oscille beaucoup plus que l'alumine est à l'état ferreux et ferrique, le premier excédant généralement le second. Enfin les alcalis sont compris entre 4  $\frac{1}{2}$  et 7 %; c'est toujours la potasse qui prédomine sur la soude. Les différentes régions d'un même échantillon présentent une composition assez constante pour les ardoises que nous décrivons ici, fait qui n'a pas toujours lieu dans d'autres cas comme nous l'avons maintes fois constaté.

Microscopiquement, l'étude du reste fort sommaire que nous avons faite de ces ardoises, montre qu'elles ressemblent en tous points aux schistes des terrains plus anciens, il nous paraît cependant que les éléments clastiques y sont plus abondants principalement sous forme de fines lamelles de muscovite et de grains de quartz dont la grosseur ainsi que le nombre varie selon les schistes. Les plus riches en cet élément sont les schistes

de Salvan que nous désignons plus loin sous le nom de type grenu. Ces grains sont généralement de contour irrégulier, quelques-uns d'entre eux possèdent des inclusions liquides de forme ovoïde munies de leur libelle. Nous en avons compté jusqu'à 6 dans un seul grain de quartz.

Entre les éléments clastiques on voit des trainées de matière chloritoïde de couleur verdâtre, ainsi que des plages d'une chlorite verte que nous avons surtout rencontrée dans un échantillon de Salvan. Ça et là on trouve des grains opaques disséminés, ou concentrés en certains points et qui sont de la pyrite, peut-être aussi de l'oxyde de fer. Enfin on distingue les microlithes caractéristiques qui ont été déterminés comme du Rutile ces dernières années, mais que nous nous proposons néanmoins d'examiner de plus près. Il faut signaler aussi le graphite qui se trouve distribué dans toute la masse et qui peut être très abondant dans certains cas.

#### SCHISTES d'OUTRE-RHÔNE.

Ils sont exploités sur la rive droite du Rhône et appartiennent à la formation carbonifère qui, sur la rive gauche se continue jusqu'à Salvan. Ils sont intercalés dans le poudingue de Vallorsine.

Le fragment examiné, de couleur grise, est plutôt rude au toucher. Il est émaillé de fines lamelles de muscovite. Par pulvérisation il donne une poussière gris clair qui ne salit pas les doigts. Cette poudre chauffée dans le tube dégage de l'eau et change de couleur.

Les acides étendus attaquent faiblement ce schiste comme il a été dit précédemment. Au chalumeau il fond en minces éclats et donne un émail blanc grisâtre. Il

# 170 COMPOSITION DE QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS.

manque complètement de carbonate mais renferme quelque peu de pyrite ainsi que du graphite.

Dureté = 3. Densité = 2,752.

## *Analyse :*

SiO <sub>2</sub>	=	61,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	22,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,97
FeO	=	2,48
FeS	=	0,20
CaO	=	0,74
MgO	=	0,87
K <sub>2</sub> O	=	5,04
Na <sub>2</sub> O	=	1,50
H <sub>2</sub> O	=	0,17
C	=	0,69
Perte au feu	=	2,91
		<hr/> 100,40

## SCHISTES DE SALVAN.

Nous en avons examiné deux types différents. Le premier, de couleur noirâtre, est d'un grain plutôt fin et d'apparence homogène; il provient de la carrière de Bioley. Le deuxième comprenant deux spécimens que nous désignons sous les noms de type grenu n° I et II, est essentiellement différent. Son grain grossièrement grenu; sa rugosité, sa grande dureté et sa couleur peu foncée le font aisément reconnaître, non seulement du premier type, mais encore des autres schistes examinés. Les éléments clastiques (quartz) y sont très abondants,

\* Eau hygroscopique.

ce qui explique la forte proportion de silice renfermée dans ces ardoises.

*Salvan, 1<sup>er</sup> type (Bioley).*

L'échantillon que nous avons eu entre les mains est dû à l'obligeance de M. le Dr Weber. Il est gris noirâtre, uniforme et d'une pâte homogène micacée. Sa poussière gris clair change de couleur après calcination. Il se comporte vis-à-vis des acides comme l'ardoise précédente. Au chalumeau il fond sur les bords difficilement en minces éclats et donne un émail blanchâtre. Il est exempt de carbonate mais renferme aussi un peu de pyrite. L'ensemble de sa composition chimique est assez analogue à celle d'Outre-Rhône comme on le voit dans l'analyse qui suit :

Dureté = 2  $\frac{1}{2}$  - 3. Densité = 2,799.

*Analyse :*

SiO <sub>2</sub>	=	60,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	22,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	—
FeO	=	5,62
FeS <sub>2</sub>	=	0,47
CaO	=	0,68
MgO	=	0,97
K <sub>2</sub> O	=	4,74
Na <sub>2</sub> O	=	2,44
H <sub>2</sub> O	=	0,14
C	=	0,98
Perte au feu	=	2,26
		<hr/>
		101,16



*Salvan (type grenu), n° I.*

Cette ardoise est de couleur grise; de structure grenue et très compacte. La schistosité y est peu développée; la surface de l'ardoise montre de nombreuses paillettes de mica. La poussière en est gris très pâle et change légèrement de teinte après la calcination. Elle présente du reste toutes les réactions des précédentes. Au chalumeau elle fond très difficilement et seulement sur les bords en éclats très minces. Elle ne renferme ni carbonates, ni pyrite.

Dureté =  $3\frac{1}{2}$ -4. Densité = 2.902.

*Analyse :*

SiO <sup>2</sup>	=	64,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	20,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	—
FeO	=	4,13
FeS <sub>2</sub>	=	—
CaO	=	0,63
Mgo	=	0,52
K <sub>2</sub> O	=	5,53
Na <sub>2</sub> O	=	0,84
H <sub>2</sub> O	=	0,20
C	=	0,45
Perte au feu	=	2,11
		<hr/>
		99,28

*Schiste de Salvan (type guenu), n° II.*

Il est très semblable au précédent, sa structure est encore plus grossièrement grenue et sa couleur plus claire.

# COMPOSITION DE QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS. 173

La poussière en est presque blanche. Réactions identiques aux précédentes, il est de plus complètement infusible au chalumeau. Le charbon, la pyrite et les carbonates y font absolument défaut. C'est de toutes les ardoises que nous avons étudiées la plus riche en silice.

Dureté = 4-4  $\frac{1}{2}$ . Densité = 2.819.

## Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	69,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	16,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,12
FeO	=	5,01
FeS <sub>2</sub>	=	—
CaO	=	0,61
MgO	=	0,49
K <sub>2</sub> O	=	3,70
Na <sub>2</sub> O	=	1,56
C	=	—
H <sub>2</sub> O	=	0,20
Perte au feu	=	2,15
		<hr/>
		100,87

## SCHISTES DE SEMBRANCHER.

Les ardoises de Sembrancher sont de couleur noirâtre, légèrement rudes au toucher, de structure très finement grenue; la poussière en est grise. Les acides attaquent ce schiste de même que les précédents, c'est surtout le fer (2,85 %) qui entre en solution. L'échantillon examiné est complètement exempt de carbonates, fait que nous

#### 174 COMPOSITION DE QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS.

avons vérifié à l'aide du microscope, comme du reste pour tous les autres schistes. Nous ajouterons toutefois que la présence des carbonates en petite quantité, il est vrai, a été signalée par d'autres auteurs dans les mêmes schistes. Nous sommes donc ici en présence d'une différence qui, du reste, est sans importance et vraisemblablement accidentelle. Il est à remarquer que chez les ardoises où les carbonates sont véritablement partie constituante, leur teneur peut varier considérablement d'un échantillon à l'autre. Au chalumeau l'ardoise de Sembrancher fond difficilement et donne un émail blanc sale. Sa dureté varie légèrement selon les régions.

Dureté =  $2\frac{1}{2}$ -3. Densité = 2.772.

##### *Analyse :*

SiO <sub>2</sub>	=	58,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	21,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3,62
FeO	=	4,58
FeS <sub>2</sub>	=	0,47
CaO	=	0,96
MgO	=	0,94
K <sub>2</sub> O	=	3,05
Na <sub>2</sub> O	=	1,49
H <sub>2</sub> O	=	0,22
C	=	1,25
Perte au feu	=	3,33
		<hr/> 100,35

#### SCHISTES D'ISERABLE.

Il est de couleur noire, à éclat légèrement soyeux, lui-

# COMPOSITION DE QUELQUES SCHISTES ARDOISIERS. 175

sant et doux au toucher. Sa pâte fine et homogène donne, pulvérisée une poussière noirâtre. Il se comporte vis-à-vis des réactifs et de la chaleur comme les précédentes. Au chalumeau il fond difficilement en minces éclats et donne un émail noirâtre. Exempt de carbonates, il renferme seulement un peu de pyrite, c'est des ardoises du Valais étudiées celle qui contient le plus de graphite.

Dureté = 2  $\frac{1}{2}$ . Densité = 2.807.

## Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	60,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	18,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	4,70
FeO	=	3,55
FeS <sub>2</sub>	=	0,63
CaO	=	0,88
MgO	=	2,01
K <sub>2</sub> O	=	3,97
Na <sub>2</sub> O	=	1,63
H <sub>2</sub> O	=	0,15
C	=	3,18
Perte au feu	=	1,18
		<hr/>
		101,48

## SCHISTES DE SERVOZ (SAVOIE).

Ces ardoises appartiennent au terrain houiller, largement distribué dans les environs de Servoz. On les exploite sur les pentes du Brévent et à la montagne de

Pormenaz. D'après M. G. de Mortillet, bien que leur couleur soit inaltérable, leur résistance aux différents agents atmosphériques est fort diverse, car tandis que les unes résistent très longtemps, d'autres au contraire sont rapidement délitées. M. A. Favre <sup>1</sup> dans le chapitre qu'il consacre au massif du Brévent et des Aiguilles-Rouges, dit quelques mots des schistes de Servoz ainsi que des empreintes végétales (fougères) qu'on y rencontre, il mentionne certaines stries plus ou moins irrégulières qui s'observent sur leur surface et leur donne souvent un aspect fibreux.

L'échantillon examiné est de couleur noire, très schisteux, il se laisse séparer en plaques fort minces. Sur la surface de l'ardoise on remarque les stries dont parle M. Favre. La pâte en est très fine, au toucher graphitique salissant les doigts, çà et là on voit quelques rares lamelles de mica. Sa poussière noirâtre change de couleur après calcination. Cette ardoise est attaquée par les acides étendus comme les précédentes. Dans le tube elle dégage une eau légèrement ammoniacale. Au chalumeau elle fond mais seulement en minces éclats et donne un émail gris blanchâtre. Ce schiste est assez différent de ceux du Valais par sa composition chimique, il est plus pauvre en silice et plus riche en bases. Il est également exempt de carbonates. C'est de toutes les ardoises examinées la plus riche en carbone.

$$\text{Dureté} = 2-2\frac{1}{2}. \quad \text{Densité} = 2.754.$$

<sup>1</sup> Favre, Géologie de la Savoie.

*Analyse :*

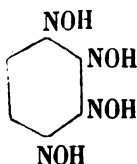
SiO <sub>2</sub>	=	50,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	24,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,69
FeO	=	6,49
FeS <sub>2</sub>	=	0,78
CaO	=	1,97
MgO	=	1,24
K <sub>2</sub> O	=	5,32
Na <sub>2</sub> O	=	0,64
H <sub>2</sub> O	=	0,90
C	=	5,15
Perte au feu	=	1,25
		<hr/>
		99,94

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

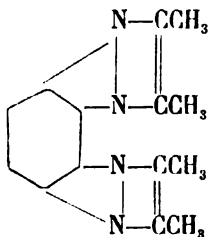
## CHIMIE

R. NIETZKI ET LUDWIG SCHMIDT. SUR LE TÉTRAAMIDOBENZOL.  
(*Berichte*, XXII, 1648, Bâle.)

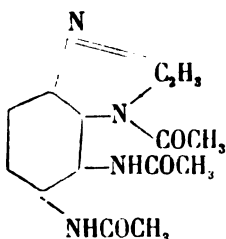
Le tétraamidobenzol dans lequel les 4 groupes  $\text{NH}_2$  sont voisins s'obtient par la réduction de la dichinoyltétroxime



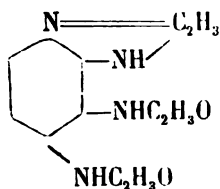
obtenue elle-même par l'action de l'hydroxylamine sur la dinitrosorésorcine; ce corps a les propriétés des orthodiamines et avec le diacétyl donne une dichinoxaline caractéristique. La dichinoxaline forme des aiguilles jaunes d'or fusibles vers  $218^\circ$ .



Le sulfate de la base fondu avec de l'acétate de soude donne une base éthénylique triacétylée ayant pour formule constitutionnelle



fusible à  $260^{\circ}$ , et qui dissoute dans l'acide chlorhydrique et précipitée par l'ammoniaque se transforme en base diacétylée ayant probablement la constitution



fusible à  $176^{\circ}$ .

Ces deux dérivés acétylés dissous dans l'acide sulfurique dilué et évaporés à consistance sirupeuse, puis précipités par l'alcool donnent l'un et l'autre la même base  $C_{10}H_{10}N_4$ , aiguilles fusibles à  $145^{\circ}$  qui sont un diéthényltétramidobenzol.

HENRI BRUNNER. ANALYSE CHIMIQUE QUALITATIVE. Lausanne, F. Rouge, éditeur.

Le *Guide pour l'analyse chimique qualitative* que M. H. Brunner vient de faire paraître, est un de ceux que l'on peut certainement recommander à l'attention des chimistes.

Il existe déjà, il est vrai, une foule de guides semblables, mais un petit nombre seulement, à notre avis, remplissent réellement leur but. Combien y a-t-il en effet de pareils livres se bornant à décrire jusque dans les plus petits détails les moyens connus et employés dans l'analyse, mais dans lesquels l'auteur semble oublier qu'il faut avant tout intéresser le commençant et lui expliquer rationnellement les procédés



employés. Quel non-sens que de vouloir faire un analyste adroit quand auparavant il ne se rend pas un compte exact de ce qu'il fait, chimiquement parlant, et des raisons qui le guident.

Le livre de M. Brunner a, il est vrai, un peu aussi ce défaut-là, cependant à un bien moindre degré que la plupart des traités semblables. Comme compensation, du reste, il a de grandes qualités, entre autres de contenir sous une forme brève et claire un grand nombre de renseignements très utiles pour ceux qui ont à s'occuper couramment d'analyses. M. Brunner consacre ainsi un chapitre complet à l'analyse pyrognostique de Bunsen, sujet à peine traité dans d'autres ouvrages analogues. Il est même étonnant que ce moyen d'analyse qualitative qui offre souvent de grands avantages sur les méthodes habituelles, soit si peu utilisé. Grâce à ce procédé, par exemple, il est possible souvent de faire une analyse en un temps fort court, tout en ne disposant que d'une quantité minime de substance. Une autre raison encore, nous semble-t-il, militerait en faveur de l'enseignement courant de l'analyse pyrognostique : elle oblige celui qui veut s'en servir à devenir adroit et même fort adroit, ce qui est une qualité essentielle pour un analyste. M. Brunner donne aussi dans son livre de précieuses indications sur la recherche des éléments « rares ». Il a bien raison, car l'emploi de certains d'entre eux tend à augmenter et d'un autre côté les chimistes savent maintenant que ces éléments dits « rares » sont au contraire souvent très fréquents, quoique, il est vrai, en proportions plutôt minimes. Combien de traités d'analyse ne mentionnent même pas le molybdène, le vanadium, le titane, l'iridium, le sélénium, l'urane, le lithium, etc., éléments bien fréquents cependant.

En somme donc et pour résumer, ce *Guide* de M. Brunner marque un progrès sérieux sur les autres traités élémentaires pareils et peut être chaudement recommandé à tous les chimistes.

C. D.

# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

---

*Séance du 16 janvier 1890.*

M. Micheli. Rapport annuel.

M. Marc MICHELI, président sortant de charge, lit son rapport sur la marche de la Société pendant l'année 1889.

*Séance du 6 février.*

Schweinfurth. Rapport\* entre la flore de l'Arabie Heureuse et celle de l'Égypte.

— De Candolle. Observations sur ce sujet. — Phil. Guye. Chimie moléculaire. — Forel. Genèse du lac Léman. — Ad. D'Espine. Recherches expérimentales sur le bacille diphtéritique. — Al. Herzen. De la prédisposition à la putréfaction et aux infections. — L. Duparc et Hip. Gosse. Sur le siderolithique du Salève.

Au nom de M. le Dr A. SCHWEINFURTH, M. E. AUTRAN donne lecture d'un mémoire de ce dernier *sur certains rapports entre l'Arabie Heureuse et l'ancienne Égypte*, résultant de son dernier voyage au Yemen.

Pendant l'hiver 1888-1889, le Dr Schweinfurth, parti de Hadeidah, a rayonné dans les montagnes autour de Sana et a rapporté un riche butin de plantes.

Le principal but de ce voyage était de constater avec certitude l'identité d'un certain nombre de plantes décrites par Forskal il y a plus de cent vingt-cinq ans. En effet, depuis le

voyage de ce savant élève de Linné, le Yemen n'avait été soigneusement exploré que par M. A. Desfers, en 1887.

Plusieurs des végétaux utiles à l'homme et cultivés par lui ont trouvé leur chemin vers les pays septentrionaux par l'intermédiaire de l'Arabie Heureuse (par exemple le cédratier et le bigoradier); quelques-uns paraissent ici avoir été cultivés pour la première fois pour l'usage de l'homme (le caroubier, le grenadier, le canavalia et peut-être le figuier commun).

Le cadeau des temps actuels que nous a fait l'Arabie, c'est le café. Son usage s'est répandu avec une rapidité tout à fait extraordinaire.

Puis, dès les temps anciens, c'étaient les substances aromatiques, l'encens et la myrrhe, qui, récoltés dans le pays même ou dans les régions voisines, étaient l'objet d'un grand commerce d'exportation.

Un des résultats du voyage de M. Schweinfurth a été de pouvoir établir que l'énigmatique pays de Punt, d'où les Égyptiens tiraient leurs aromates, n'était pas situé uniquement sur la côte africaine, mais bien des deux côtés de la partie méridionale de la mer Rouge. En effet, l'autre désignation du pays de Punt, « montagne à gradins », se trouve déjà littéralement employée comme telle pour un district spécial de l'Arabie Heureuse.

Les anciens Égyptiens s'appliquaient à cultiver certains arbres qui étaient dédiés à des divinités spéciales, tel que le sycomore l'était à Hathor. Cet arbre était d'origine étrangère, de l'Éthiopie; il pouvait aussi bien venir du sud de l'Arabie que de l'Abyssinie. Strabon et Diodore l'attestent. D'après Forskal, le sycomore devait se rencontrer dans le Yemen à l'état sauvage. Le Dr Schweinfurth l'y a effectivement trouvé dans de nombreuses localités, et, preuves en mains, il a pu établir que le figuier connu dans le Yemen sous les noms de Chanés et de Bourra est absolument identique au sycomore égyptien et que son lieu d'origine se trouve incontestablement dans ce pays.

M. Alph. DE CANDOLLE fait ensuite observer que M. Desfers,

dans sa flore récente du Yemen (page 143), n'a vu nulle part le caféier spontané en Arabie et soutient l'opinion ancienne qu'il y a été introduit comme plante cultivée du pays des Gallas et d'Harrar, en Afrique.

Le commerce des aromates était jadis très important à Socotora, où M. Balfour a trouvé les arbres à encens bien spontanés aujourd'hui. Ce n'est pas à dire qu'il n'y en eût aussi ailleurs. Desflers en parle (page 120).

M. Ch.-Eng. GUYE communique, au nom de son frère, M. Ph. GUYE, les résultats d'un travail de *chimie moléculaire*. En s'appuyant sur les théories de MM. van der Waals, Lorentz et Lorenz, M. Ph. Guye a démontré que le coefficient critique d'un corps (rapport de la température critique absolue à la pression critique) est proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire. De là résulte que le poids moléculaire  $M$  d'un corps, au point critique, est donné par la relation

$$M = 1,8 \frac{x}{R},$$

dans laquelle  $x$  représente le coefficient critique,  $R$  le pouvoir réfringent spécifique.

Cette relation a été vérifiée dans une cinquantaine de cas pour lesquels on connaît les constantes numériques nécessaires. Ces vérifications peuvent être considérées comme générales, car elles concernent des corps simples et composés, des dérivés inorganiques et organiques, des bases et des acides, des fonctions organiques variées, telles que : hydrocarbure, alcool, cétone, amine, éthers de types différents, composés halogénés, sulfurés, etc.

On peut, en outre, déterminer des coefficients atomiques critiques au moyen desquels on peut calculer *a priori* le coefficient critique d'un composé quelconque en faisant la somme des coefficients critiques des atomes constituant la molécule.

Indépendamment de l'intérêt physique que peut avoir la relation ci-dessus et des rapports tout à fait inattendus qu'elle établit entre une constante optique et une constante thermique, cette relation donne la clef de la constitution moléculaire.

laire des corps au point critique, c'est-à-dire dans les conditions où un gaz et un liquide peuvent exister comme tels simultanément. Les poids moléculaires ainsi trouvés étant précisément ceux donnés par la loi d'Avogadro et d'Ampère à l'état gazeux, il faut en conclure que les liquides au point critique ont en général la même constitution que les gaz, contrairement à l'opinion admise par quelques savants, qui estiment que les molécules des liquides sont des multiples des molécules gazeuses.

M. F.-A. FOREL expose ses idées *sur la genèse du lac Léman*.

Il écarte les théories qui cherchent dans des phénomènes orographiques ou dans l'action des glaciers, l'excavation de la cuvette du lac. Il estime, au contraire, avec Rüttimeyer, que c'est à l'érosion par l'eau courante qu'est dû le creusement de la vallée du Rhône, et spécialement de la cluse du Bas-Valais, qui s'étend de Martigny au lac Léman. Il n'y a pas lieu de séparer au point de vue de la genèse, comme le voulait Desor, le Haut lac du Grand lac et du Petit lac, ces trois parties appartenant à une même vallée d'érosion qui, après avoir drainé le Valais et les Alpes antérieures, amenait leurs eaux par une pente continue jusqu'à la mer.

Sur cette vallée, la cuvette du Léman peut avoir été formée, ou bien par soulèvement de l'extrémité occidentale, dans la région de Genève ou du Jura, ou par enfoncement de la région même du lac et de son extrémité orientale. C'est à cette dernière hypothèse que M. Forel s'attache.

Le plafond actuel du lac est à l'altitude absolue de 66 mètres (env. 63 mètres); si l'on déduit de cette cote la valeur inconnue des alluvions modernes qui ont comblé le lac depuis l'époque glaciaire, et qui ne peuvent être inférieures à une centaine de mètres, on arrive déjà à une altitude négative, inférieure au niveau de la mer; si l'on tient compte de la pente nécessaire de 0.002 environ pour l'écoulement du fleuve jusqu'à la mer, on voit que dans l'hypothèse de creusement de la vallée par érosion aqueuse, il faut admettre qu'il y ait eu affaissement ultérieur de la région orientale du Léman.

Une telle conclusion s'impose encore plus pour les lacs de

l'Insubrie, dont le plafond est actuellement inférieur au niveau marin; elle n'est pas contradictoire avec les faits géographiques des autres lacs du versant nord des Alpes suisses et savoyardes, dont le fond reste supérieur à ce niveau.

M. Forel admet donc qu'à une époque à déterminer, le massif entier des Alpes centrales était de quelque cinq cent mètres plus élevé qu'il ne l'est aujourd'hui, que les grandes vallées des Alpes se sont alors creusées jusqu'à une profondeur correspondant au plafond des grands lacs subalpins, puis que la région dans son ensemble s'est enfoncée en amenant ainsi l'arrêt des eaux dans les vallées transformées en cuvettes de lacs. Le Léman aurait à ce moment-là rempli la vallée du Valais jusqu'à Sierre et peut-être jusqu'à Brigue. Il aurait ensuite été découpé en une série de lacs retenus par les barrages alluviaux des torrents de l'Ilgraben et du Bois-Noir; ces lacs auraient les uns après les autres été comblés par l'alluvion du Rhône et de ses affluents, et le Léman actuel serait le dernier reste de ce procès de remplissage.

La position de l'extrémité terminale du Léman, aurait été fixée par le barrage alluvial de l'Arve, en analogie aux barrages du même genre qui s'observent à la sortie de tous les lacs subalpins du versant nord des Alpes.

Quant à la complication du relief du Petit lac composé d'une série de cuvettes peu profondes, séparées par des barres peu saillantes, M. Forel l'attribue à des moraines glaciaires déposées pendant la décrue du grand glacier du Rhône dans cette région de la vallée.

Enfin, pour ce qui regarde les dates géologiques de ces faits, on aurait :

a) Premier établissement de la vallée du Rhône dès la première émergence des Alpes;

b) Soulèvement général progressif du pays alpin avec approfondissement de la vallée pendant les âges jurassiques, crétacés, éocènes, miocènes. L'altitude est encore assez peu élevée pour que la mer éocène puisse encore recouvrir une partie des Alpes antérieures, et la mer miocène la plaine suisse;

c) Grand exhaussement des Alpes à une altitude supérieure à l'altitude actuelle; creusement de la vallée du Rhône par érosion aqueuse (et peut-être glaciaire) jusqu'à un niveau relatif légèrement inférieur au plafond actuel du Léman. Cette période de surexhaussement doit être placée entre l'époque helvétique (miocène) et la fin de l'époque glaciaire;

d) Affaissement de la région alpine au niveau actuel; remplissage de la vallée d'érosion par les eaux stagnantes; le Léman prolonge son bassin jusque dans le Valais et s'étend jusqu'à Sierre ou Brigue. Cette phase d'affaissement a dû probablement coïncider avec la fin de l'époque glaciaire;

e) Depuis l'époque glaciaire jusqu'à nos jours, partage du Léman valaisan en une série de lacs étagés, lac de Brigue au-dessus de l'Ilgraben, lac de Sion au-dessus du Bois-Noir, lac Léman du Bois-Noir à Genève — remplissage successif de ces lacs par les alluvions du Rhône et de ses affluents.

M. L. Rüttimeyer supposait que l'ancienne vallée du Rhône s'écoulait vers le nord par la vallée de la Venoge et le lac de Neuchâtel; le vallon de la Venoge semble trop étroit pour justifier de si hautes attributions; du reste, les grandes profondeurs du lac Léman entre l'embouchure de la Venoge et le détroit de Promenthoux, seraient inexplicables dans cette hypothèse. M. Forel préfère chercher l'écoulement dans la vallée actuelle du Rhône de Genève à Bellegarde.

Le Dr A. D'ESPINE présente un tirage à part d'un mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur le bacille diphtérique*, par A. D'Espine et E. de Marignac, et en donne un court résumé. (*Revue méd. de la Suisse rom.*, 1890, n° 1 et n° 2.)

Il signale, à propos de l'épidémie d'influenza, un travail du Dr Ornstein, médecin militaire en Grèce, qui sépare nettement la dengue de la grippe. Ce travail, intitulé : « Zur Frage über die Dangué », a paru dans la *Deutsche medicinische Wochenschrift* (1890, page 25).

M. HERZEN rappelle les expériences qu'il a faites, il y a

quelque temps déjà, *sur l'influence exercée par l'acide borique sur la fermentation alcoolique et acétique* : une très petite quantité de cet acide ajoutée au moût *favorise* l'activité de la levûre; ajoutée au vin, elle le rend *réfractaire* à l'acétification, à tel point que même inoculé avec du vin en train de devenir vinaigre et fourmillant de microbes, il reste intact et les microbes y périssent.

Or, ces mêmes microbes ne périssent pas et se multiplient au contraire, dans de l'acide acétique au 5 % environ contenant une dose *cent fois* plus forte d'acide borique; ce dernier n'est donc pas un poison pour eux, et ils peuvent vivre d'acide acétique. Si ce fait est exact, les microbes qu'on accuse d'être la cause de la fermentation acétique, n'en sont qu'une conséquence, et l'acide borique préserve le vin non en tuant les microbes, mais en s'opposant à une modification de la constitution chimique du vin, indépendante des microbes et grâce à laquelle le vin devient un terrain favorable à leur développement.

Il en est à peu près de même pour la putréfaction; de petits morceaux de viande trempés dans une solution d'acide borique et placés dans des récipients hermétiquement fermés, se conserveront indéfiniment; mais si l'on prend des morceaux trop gros, les parties centrales, insuffisamment imbues, se modifient dans leur consistance, leur couleur, leur odeur, *en l'absence de microbes*; mais cette modification *n'est pas de la putréfaction*; elle le devient seulement si les microbes s'en mêlent. Ici de nouveau il semble que la viande absolument fraîche est réfractaire, et ne devient accessible à l'influence des microbes de la putréfaction qu'après avoir subi une modification indépendante d'eux, qui la *prédispose* à leur succomber. Que font, en effet, ces microbes pendant l'intervalle souvent très long qui s'écoule entre la mort et le début de la putréfaction, dans des cas semblables, par exemple, à celui que M. Brown-Séquard vient de communiquer à la Société de Biologie de Paris, et où aucune précaution antiseptique n'a été prise? L'arrêt des échanges auquel M. Brown-Séquard attribue dans ces cas le retard de la putréfaction, retarde aussi sans doute la modification chimique des tissus



qui doit les rendre accessibles, les *prédisposer* à la putréfaction.

Des faits analogues se passent dans l'organisme vivant, et peuvent dans certains cas nous expliquer en quoi consiste la prédisposition à telle ou telle infection. Ainsi, le tissu musculaire du lapin est réfractaire au charbon symptomatique; le microbe ne s'y multiplie pas et l'animal reste sain; mais si on injecte d'abord un peu d'acide lactique dans le muscle d'un lapin normal, le microbe du charbon symptomatique s'y développe; l'animal est infecté.

L'acide lactique étant un des produits de décomposition les plus constants de l'activité musculaire, M. Herzen a émis l'idée (*Semaine médicale*, 6 mars 1889) qu'il doit suffire de *fatiguer* un animal réfractaire au microbe en question pour supprimer son immunité, pour le *prédisposer* à cette infection.

MM. Charrin et Roger ont entrepris une série d'expériences dans ce sens; ils viennent de communiquer leurs résultats à la Société de Biologie (séance du 19 janvier 1890). Ils se sont servis de rats blancs, dont une partie était forcée d'accomplir un exercice musculaire considérable; les quinze animaux inoculés et laissés au repos, ont presque tous survécu; quatre, il est vrai, ont péri; mais ils avaient reçu une dose énorme de virus; les vingt et un animaux inoculés et fatigués ont presque tous succombé; deux seulement ont survécu; l'un, sans doute, parce qu'il avait reçu une dose de virus beaucoup plus faible que les autres; l'autre — sans cause plausible.

A l'occasion d'observations faites récemment par M. Hipp. Gosse et lui dans une grotte du mont Salève, M. le prof. L. DUPARC présente quelques considérations *sur le sidérolithique* de cette montagne. Ces Messieurs reviendront sur ce sujet dans une communication ultérieure.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1890

---

- Le 1<sup>er</sup>, 3 et 4, brouillard continu, enveloppant pendant les deux derniers jours.  
5, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.  
6, 7, 8 et 9, brouillard enveloppant continu; givre pendant les trois derniers jours.  
10, brouillard enveloppant jusqu'à 9 h. du matin; grésil à 11 h. 45 m. du matin; les grains sont transparents, sphériques, d'un diamètre de 1<sup>mm</sup> à 1<sup>mm</sup>  $\frac{1}{2}$ ; brouillard de 7 h. à 9 h. du soir.  
11, brouillard enveloppant très intense le matin, ainsi que de 6 h. à 7 h. du soir.  
12, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.  
13, brouillard pendant tout le jour.  
14, 15, 16, 17 et 18, brouillard continu, généralement enveloppant.  
19, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; fort vent depuis 10 h. du soir.  
20, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.  
21, forte giboulée de neige à 9 h. du matin.  
22, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.  
23, très fort vent jusqu'à 9 h. du soir; éclairs au NO. à 7 h. 50 m. du soir, violente bourrasque.  
24, brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin; léger brouillard de terre à 9 h. du soir.  
25, très forte gelée blanche le matin.  
26, faible gelée blanche le matin; halo lunaire à 9 h. du soir.  
27, neige de 6 h. à 8 h. du soir; forte bise depuis 9 h. du soir.  
28, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.  
29, très forte bise depuis 1 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 7 à 2 h. matin .....	744,11	Le 3 à 2 h. soir .....	724,12
14 à 10 h. matin .....	736,81	11 à 3 h. soir .....	731,33
21 à 6 h. soir .....	727,96	20 à 11 h. soir .....	721,93
26 à 11 h. matin .....	735,72	23 à 3 h. soir .....	713,80
30 à 10 h. matin .....	733,17	29 à 2 h. soir .....	719,71
		31 à 4 h. soir .....	728,09

---

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige		Vent dominant.	Temp. du Rhéom.		Limitimètre à 11 h.
	Hauteur moy. de l'aiguille 24 h.	Écart avec la normale	Minim.	Maxim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Millim.		Mid.	°	
1	730.64	+ 2.82	729.78	732.35	0.49	0.28	1.8	0.2	794	74	760	830	...	...	NNE.	1.00	...	cm
2	726.98	- 0.86	725.33	728.37	1.06	0.82	1.8	0.0	844	- 21	810	880	...	...	ENE.	1.00	-0.5	131.3
3	724.85	- 3.04	724.12	725.99	1.61	1.35	2.4	0.7	914	46	890	940	...	...	SE.	1.00	-0.6	131.0
4	727.89	+ 0.02	725.79	731.32	1.06	0.78	2.6	0.4	917	52	900	920	...	...	SSE.	1.00	-0.1	130.4
5	735.39	+ 7.50	731.87	739.29	0.82	0.81	1.9	6.0	884	19	780	930	...	...	NNE.	0.67	...	131.0
6	742.37	+ 4.47	739.66	743.96	1.47	1.16	3.1	0.0	924	56	910	940	...	...	SW.	1.00	5.2	133.2
7	743.30	+ 45.39	742.12	744.41	2.26	1.94	3.2	-0.9	936	71	920	960	...	...	SSW.	1.00	5.1	133.9
8	739.57	+ 41.66	737.82	741.47	2.83	2.51	4.4	2.3	924	59	900	930	...	...	SSW.	1.00	5.0	132.8
9	738.49	+ 10.57	737.65	739.77	3.52	3.20	5.4	1.3	896	32	880	920	...	...	SW.	1.00	4.9	129.5
10	735.27	+ 7.35	733.48	737.49	1.60	1.28	6.9	3.5	893	29	850	930	2.0	3	S.	1.00	4.9	130.0
11	732.21	+ 4.29	731.33	733.11	1.86	1.45	1.5	4.3	913	49	810	950	...	...	SW.	0.87	5.0	129.7
12	734.80	+ 5.29	732.04	734.58	2.84	2.15	0.5	6.3	942	21	710	900	0.7	2	calme	0.98	...	129.0
13	735.34	+ 6.88	733.98	735.75	0.64	0.94	0.5	3.2	940	47	850	950	...	...	variable	1.00	5.2	128.0
14	734.63	+ 6.73	733.85	735.81	0.91	0.62	2.0	0.8	924	62	910	940	...	...	WSW.	1.00	5.1	130.0
15	734.04	+ 6.12	733.05	734.77	2.04	1.77	3.2	0.0	923	61	900	940	...	...	WSW.	1.00	5.0	126.9
16	732.60	+ 4.72	732.04	733.15	1.75	1.50	2.8	0.6	920	59	900	940	...	...	SW.	1.00	5.0	131.5
17	730.96	+ 3.09	730.35	733.15	1.79	1.56	4.5	0.9	920	59	910	930	...	...	SE.	1.00	5.0	130.0
18	728.11	+ 0.26	725.39	732.04	2.70	2.50	4.8	0.7	916	56	880	940	...	...	SE.	0.98	4.8	130.7
19	724.40	- 3.43	721.93	725.35	2.45	2.63	4.8	8.5	794	65	620	940	0.6	1	SE.	0.92	...	130.4
20	724.85	- 2.96	722.21	727.96	7.51	7.65	4.0	11.0	696	-162	350	810	9.6	8	SSW.	0.98	5.3	130.0
21	720.51	- 7.28	717.84	723.62	3.87	3.98	0.8	7.9	722	-136	600	840	17.0	12	SSW.	1.00	5.0	132.3
22	717.42	- 10.35	713.80	719.90	5.29	5.36	0.0	9.2	710	-147	560	810	8.3	13	SSW.	1.00	5.3	131.0
23	717.42	- 10.35	713.80	719.90	10.54	10.57	7.2	14.2	626	-230	480	880	19.7	18	SSW.	2.03	5.9	131.5
24	725.93	- 1.81	720.26	729.80	1.54	6.74	4.4	9.7	615	-210	520	740	2.8	4	SW.	1.00	6.0	139.7
25	730.24	- 2.53	729.24	731.50	5.91	5.85	4.4	12.0	870	16	820	980	...	...	calme	0.45	6.3	146.0
26	732.03	+ 4.35	728.70	735.72	5.93	5.83	4.3	11.3	755	-98	480	910	2.1	4	SSW.	1.00	5.3	146.0
27	734.23	+ 6.58	733.11	735.57	4.81	4.66	1.0	10.6	654	-197	340	850	...	...	SSE.	0.75	5.3	145.9
28	728.40	- 0.79	722.67	733.04	5.93	5.72	2.0	11.5	643	-207	370	880	...	...	calme	0.85	5.5	145.0
29	722.68	- 4.89	719.71	729.34	4.26	4.00	0.2	12.0	715	-134	500	910	2.2	2	N.	1.00	5.8	147.7
30	731.76	+ 4.23	729.74	733.47	0.05	0.27	2.0	1.4	647	-201	490	790	...	...	NNE.	2.00	6.0	149.0
31	729.66	+ 2.17	728.09	732.05	1.07	1.45	4.1	2.6	715	-131	630	830	...	...	NNE.	2.00	5.8	146.0
Mois	734.06	+ 3.69			1.39	1.47			819	-38						0.89	5.25	134.59

## MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	734.47	734.38	734.55	735.04	734.12	734.07	734.40	734.78
2 <sup>e</sup> "	732.31	732.16	732.50	732.77	731.76	731.56	731.57	731.58
3 <sup>e</sup> "	726.96	726.56	726.90	726.86	726.66	726.76	727.82	727.99
Mois	731.11	730.89	731.17	731.41	730.71	730.67	731.15	731.34

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	- 2.05	- 2.38	- 2.60	- 1.98	- 0.79	- 0.56	- 0.78	- 1.17
2 <sup>e</sup> "	+ 0.02	- 0.11	- 0.47	+ 0.16	+ 1.44	+ 1.75	+ 1.34	+ 0.75
3 <sup>e</sup> "	+ 3.68	+ 3.55	+ 3.63	+ 5.63	+ 7.06	+ 6.52	+ 4.45	+ 3.51
Mois	+ 0.65	+ 0.45	+ 0.30	+ 1.41	+ 2.71	+ 2.70	+ 1.76	+ 1.11

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	901	903	893	891	876	874	891	907
2 <sup>e</sup> "	904	906	897	864	876	837	844	878
3 <sup>e</sup> "	750	772	781	673	626	605	681	715
Mois	848	857	855	805	787	766	801	829

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre
1 <sup>re</sup> décade	- 3.32	+ 0.49	+ 5.01	0.97	2.0	131.31
2 <sup>e</sup> "	- 1.84	+ 3.03	+ 5.05	0.97	10.9	129.62
3 <sup>e</sup> "	+ 1.16	+ 9.31	+ 5.60	0.74	52.1	142.10
Mois	- 1.25	+ 4.44	+ 5.25	0.89	65.0	134.89

Dans ce mois l'air a été calme 28,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,53 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 3°, 5, W. et son intensité est égale à 23,0 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1890.

- Le 1<sup>er</sup>, fort vent pendant tout le jour; neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard.
- 2, fort vent pendant tout le jour; neige jusqu'à 7 h. du matin, à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
- 3, fort vent pendant tout le jour; neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard.
- 4, brouillard pendant tout le jour; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
- 10, légère neige à 7 h. du soir.
- 11, légère neige à 7 h. du matin; brouillard de 1 h. à 4 h. du soir, forte bise depuis 4 h. du soir.
- 12, neige par une forte bise pendant tout le jour.
- 13, forte bise depuis 1 h. du soir.
- 20, neige depuis 1 h. du soir.
- 21, neige jusqu'à 1 h. du soir; forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir.
- 22, neige pendant tout le jour.
- 23, neige pendant tout le jour; fort vent depuis 4 h. du soir.
- 24, très forte bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 10 h. du matin, puis brouillard.
- 25, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
- 26, légère neige à 1 h. et à 4 h. du soir; violente bise à 4 h. du soir.
- 29, brouillard par une forte bise depuis 10 h. du soir.
- 30, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; forte bise jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
- 31, forte bise jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 7 à 10 h. matin.....	578,12	Le 3 à 4 h. soir.....	561,43
15 à 10 h. soir.....	569,87	11 à 4 h. soir.....	564,72
21 à 7 h. soir.....	560,75	21 à 7 h. matin.....	556,17
27 à midi.....	569,50	23 à 7 h. soir.....	554,56
30 à 8 h. soir.....	562,30	29 à 4 h. soir.....	556,88
		31 à 7 h. soir.....	558,42

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Réfraction moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Milieu observé au barographe.	Maximum.	Minimum.	Ecart avec la température normale.	Hauteur de la pluie ou neige.	Nombre d'heures.		
1	566.02	+ 5.26	566.08	567.08	565.08	+ 2.00	millim.	...	SW.	1.00
2	563.96	+ 2.63	562.96	565.96	563.96	+ 2.00	41.0	...	SW.	1.00
3	562.17	+ 0.86	561.43	563.40	561.43	+ 2.00	7.0	...	SW.	1.00
4	564.73	+ 3.44	563.08	566.78	563.08	+ 3.70	8.5	...	SW.	1.00
5	569.79	+ 8.52	566.83	573.00	566.83	+ 6.17	...	...	SW.	1.00
6	575.96	+ 14.61	573.28	577.96	573.28	+ 4.68	...	...	SW.	1.00
7	577.49	+ 16.26	576.45	578.12	576.45	+ 1.67	...	...	SW.	1.00
8	574.27	+ 13.06	572.90	576.10	572.90	+ 3.20	...	...	SW.	1.00
9	572.45	+ 11.27	571.72	573.20	571.72	+ 1.48	...	...	NE.	1.00
10	569.47	+ 8.32	568.03	571.10	568.03	+ 3.07	...	...	variable	0.88
11	566.22	+ 5.10	564.72	568.62	564.72	+ 3.90	...	...	NE.	0.88
12	566.41	+ 5.31	565.10	567.90	565.10	+ 2.80	8.6	...	NE.	1.00
13	567.48	+ 6.41	566.77	568.30	566.77	+ 1.53	...	...	NE.	0.15
14	568.74	+ 7.70	568.25	569.30	568.25	+ 1.05	...	...	NE.	0.03
15	569.52	+ 8.51	569.09	569.87	569.09	+ 0.78	...	...	NE.	0.03
16	569.04	+ 8.06	568.63	569.50	568.63	+ 0.87	...	...	NE.	0.02
17	568.41	+ 7.46	568.17	568.87	568.17	+ 0.70	...	...	NE.	1.00
18	566.75	+ 5.83	565.64	568.07	565.64	+ 2.43	...	...	NE.	1.00
19	564.34	+ 3.45	564.90	565.60	564.90	+ 0.70	...	...	NE.	0.15
20	560.15	- 0.71	567.58	561.70	567.58	- 7.43	250	44.0	NE.	0.87
21	558.14	- 2.68	566.17	560.75	566.17	- 8.03	250	16.3	NE.	0.72
22	558.02	- 2.77	566.79	560.20	566.79	- 8.77	300	46.3	SW.	1.00
23	556.84	- 3.92	564.56	558.62	564.56	- 7.72	540	46.0	SW.	1.00
24	558.81	- 1.92	565.40	563.75	565.40	- 1.65	120	43.5	NE.	1.00
25	567.00	+ 6.31	564.35	567.81	564.35	+ 3.46	...	...	NE.	1.00
26	566.68	+ 6.03	565.76	568.82	565.76	+ 3.06	...	...	NE.	0.30
27	568.88	+ 8.27	567.90	569.50	567.90	+ 1.60	...	...	NE.	0.38
28	564.76	+ 4.19	561.60	567.35	561.60	+ 5.75	...	...	SW.	0.25
29	558.22	- 2.32	566.88	561.20	566.88	- 8.66	...	...	NE.	0.32
30	561.17	+ 0.66	559.18	562.30	559.18	+ 2.12	...	...	NE.	0.32
31	559.86	+ 0.62	558.42	562.18	558.42	+ 0.76	...	...	NE.	0.25
Mois.	565.96	+ 5.39	565.42	567.18	565.42	+ 1.76	...	...	...	0.42



## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	569,68	569,49	569,62	569,90	569,35	569,57	569,81	570,03
2 <sup>e</sup> " ...	567,09	567,01	567,03	566,93	566,35	566,38	566,54	566,33
3 <sup>e</sup> " ...	561,99	561,58	561,39	561,60	561,48	561,38	561,86	562,08
Mois .....	566,12	565,88	565,86	566,00	565,59	565,63	565,93	566,01

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	— 4,96	— 4,30	— 2,64	— 3,80	— 4,41	— 4,53
2 <sup>e</sup> " ...	— 4,75	— 3,12	— 1,64	— 3,65	— 3,88	— 3,50
3 <sup>e</sup> " ...	— 7,73	— 6,70	— 5,91	— 6,62	— 8,19	— 7,93
Mois .....	— 5,87	— 4,77	— 3,48	— 4,75	— 5,58	— 5,40

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
				mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	— 6,12	— 1,29	0,46	26,5	330
2 <sup>e</sup> " ...	— 6,01	— 0,23	0,28	22,6	350
3 <sup>e</sup> " ...	— 10,89	— 3,95	0,51	92,3	1210
Mois .....	— 7,78	— 1,89	0,42	141,4	1890

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 32,3 sur 100.

# A PROPOS DE LA CONSTANCE $b$

## DE

# L'ÉQUATION DE M. VAN DER WAALS

PAR

**M. Philippe-A. GUYE**

---

Lorsqu'on cherche à appliquer les formules si importantes de M. van der Waals <sup>1</sup>, on est généralement

<sup>1</sup> Je profite de cette occasion pour signaler quelques petites erreurs typographiques dans l'analyse que j'ai publiée des théories de M. van der Waals : *Archives* (3), XXII, 540 :

L'équation de condition qui donne le minimum de  $pv$ , p. 545, est

$$\frac{a}{v} = 2 \frac{ab}{v^2} + bp \text{ au lieu de } \frac{a}{v} = \frac{ab}{v^2} + bp.$$

L'équation développée par rapport à  $v$ , p. 550, est

$$v^3 - \left( b + \frac{(1+a)(1-b)(1+at)}{p} \right) v^2 + \frac{a}{p} v - \frac{ab}{p} = 0.$$

Dans les équations (16) et (18), p. 560, le dernier terme n'est pas précédé du signe —, mais du signe =, comme dans l'équation (17)

$$(16) \quad \left( 1 + \frac{3}{n_1 n_2} \right) (n_2 - n_1) = \frac{8}{3} m l. \frac{3 n_2 - 1}{3 n_1 - 1}.$$

$$(18) \quad \left( 1 + \frac{3}{n_3^2} \right) (3 n_3 - 1) = 8 m.$$

arrêté par la difficulté suivante : Toutes ces formules contiennent comme constantes la température critique et la pression critique, ou, tout au moins, d'autres paramètres qui expérimentalement en dépendent, et, comme la mesure des températures et des pressions critiques constitue une opération très délicate, donne rarement des résultats bien exacts et n'est praticable, avec nos moyens actuels, que dans un nombre limité de cas, il en résulte que les formules si intéressantes de M. van der Waals semblent perdre un peu de leur portée lorsqu'on cherche à en tirer un parti pratique.

Arrêté par ces difficultés dans le travail que je poursuis actuellement, j'ai pensé que l'on pourrait peut-être éviter cet écueil en cherchant de nouvelles relations entre les constantes des équations de M. van der Waals et d'autres constantes physiques et chimiques d'une mesure à la fois plus facile et plus exacte.

Les résultats que je vais exposer sont relatifs à un premier essai tenté dans cette voie. J'ai été en effet conduit à remplacer, à un facteur constant près, le co-volume  $b$  de l'équation de M. van der Waals par le pouvoir réfringent moléculaire<sup>1</sup>. Les considérations qui m'ont guidé étant empruntées à des chapitres fort différents de la physique et de la chimie, on me permettra, pour plus de clarté, d'entrer dans quelques développements à leur sujet.

Je reprends en premier lieu l'équation fondamentale de M. van der Waals, soit

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = \left(p_0 + \frac{a}{v_0^2}\right)(v_0 - b)(1 + \alpha t)$$

<sup>1</sup> *Comptes rendus de l'Acad.*, 20 janvier 1890. — *Bull. Soc. Chim.* (3), 3. 51.

et je rappelle que  $p$ ,  $v$  et  $t$  représentant la pression et la température sous lesquelles un corps occupe un volume  $v$ ,  $p_0$  et  $v_0$  les mêmes quantités à la température de  $0^\circ$ , on a désigné le terme  $\frac{a}{v^2}$  (ou  $\frac{a}{v_0^2}$ ) sous le nom de *pression interne* ou *pression moléculaire* et le terme  $b$  sous celui de *co-volume*.

En ce qui concerne plus particulièrement la constante  $b$ , M. van der Waals a établi qu'elle est égale à 4 fois le volume réellement occupé par les molécules — supposées sphériques, — du gaz considéré sous l'unité de pression et sous l'unité de volume à la température de  $0^\circ$ .

Il n'est pas nécessaire de rappeler que dans ces conditions tous les gaz contiennent, d'après la loi d'Avogadro et d'Ampère, le même nombre de molécules, de sorte que *la constante  $b$  est proportionnelle au volume moléculaire vrai d'une molécule supposée sphérique*<sup>1</sup>.

On peut arriver d'autre part à cette même notion du volume de la molécule supposée sphérique par des considérations d'optique chimique qui sont le résultat de travaux tout à fait indépendants de M. H.-A. Lorentz<sup>2</sup> en Hollande, de M. L. Lorenz<sup>3</sup> en Danemark et de M. F. Exner<sup>4</sup> en Autriche.

On sait en effet que la constante diélectrique  $k$  d'un

<sup>1</sup> Il va de soi que les équations plus compliquées par lesquelles on a remplacé quelquefois l'équation de M. Van der Waals, conduiraient au même résultat en ce qui concerne la notion du volume moléculaire. Toutes ces équations, en particulier celles employées par Clausius et par M. Sarrau reposent en effet sur la notion du co-volume.

<sup>2</sup> *Wied. Ann.* 9. 641.

<sup>3</sup> *Wied. Ann.* 11. 70.

<sup>4</sup> *Monatsh. der Chem.* 6. 249.

corps dépend essentiellement, d'après Clausius, du rapport  $v$  du volume vrai au volume apparent occupé par les molécules de ce corps supposées sphériques, de telle sorte qu'on a la relation  $k = \frac{1 + 2v}{1 - v}$  d'où l'on tire

$$v = \frac{k - 1}{k + 2}.$$

En d'autres termes,  $v$  représente la fraction de l'unité de volume du diélectrique réellement occupée par ses molécules supposées sphériques.

D'un autre côté, d'après les vues de Maxwell sur la théorie électro-magnétique de la lumière, la constante diélectrique d'un corps doit être égale au carré de son indice de réfraction  $n$  rapporté à une radiation de longueur d'onde infinie; des recherches de M. *Boltzmann*<sup>1</sup> relatives à des corps gazeux et solides ont montré que l'équation  $k = n^2$  se vérifie avec l'exactitude qu'on peut attendre des conditions des expériences.

Remplaçant donc  $k$  par  $n^2$ , on aura la relation

$$v = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

Si l'on divise cette quantité par la densité du corps prise à la même température, on obtient ce qu'on a appelé le pouvoir réfringent spécifique désigné par  $R$ , soit

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{d}$$

Théoriquement, cette expression doit être tout à fait

<sup>1</sup> *Wien. Akad. Ber.*, tomes 67 et 69.

indépendante de la température, de la pression et de l'état gazeux ou liquide sous lequel le corps est considéré. Les travaux de MM. Lorenz <sup>1</sup>, K. Prytz <sup>2</sup> Bleckrode <sup>3</sup>, J. Chappuis et C. Rivière <sup>4</sup> ont montré qu'entre des limites très resserrées, il en est bien ainsi.

La signification précise du pouvoir réfringent spécifique résulte d'autre part de la remarque suivante : Le poids de l'unité de volume étant égal à la densité  $d$  du corps, le rapport  $\frac{d}{v}$  représentera le *poids spécifique vrai* des molécules supposées sphériques. Le pouvoir réfringent spécifique est donc l'inverse de ce poids spécifique vrai.

Si l'on divise enfin le poids moléculaire  $M$  par ce poids spécifique vrai des molécules, l'expression ainsi obtenue

$$\frac{v}{d} M = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = MR$$

représentera le volume moléculaire vrai d'une molécule supposée sphérique.

A défaut des poids moléculaires absolus dont on ne connaît que les valeurs approchées, on peut adopter les poids moléculaires relatifs tels qu'ils sont donnés par la chimie avec le contrôle de la loi d'Avogadro et d'Ampère. La quantité ainsi obtenue n'est alors que le *pouvoir réfringent moléculaire* des chimistes, soit le *produit du pouvoir réfringent spécifique par le poids moléculaire*, suivant la notation introduite par M. Berthelot <sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Wied. Ann. 11. 70.

<sup>2</sup> Wied. Ann. 11. 104.

<sup>3</sup> Journ. de Phys. (2), 4. 109. — Proc. Roy. Lond. Soc. 1884.

<sup>4</sup> Ann. Chim. Phys. (6), 14.5.

<sup>5</sup> Arch. ph. 48. 342.

De ce qui précède, il résulte que le *pouvoir réfringent moléculaire est proportionnel au volume moléculaire vrai d'une molécule supposée sphérique.*

Il ne reste plus maintenant qu'à rapprocher cette définition de celle qui a été donnée plus haut de la constante  $b$  de l'équation de M. van der Waals, pour conclure, qu'en désignant par  $F$  un facteur constant, le même pour tous les corps, on doit avoir la relation

$$(1) \quad b = FMR$$

qui s'exprimera comme suit :

**LE CO-VOLUME  $b$  DE L'ÉQUATION DE M. VAN DER WAALS EST PROPORTIONNEL AU POUVOIR RÉFRINGENT MOLÉCULAIRE <sup>1</sup>.**

A première vue, la vérification la plus simple que l'on puisse faire de cette loi consisterait à calculer la valeur de

<sup>1</sup> Une relation absolument analogue pourrait probablement être établie en partant de la formule de M. Ketteler :

$$(n^2 - 1)(v - \beta) = C$$

dans laquelle  $(v - \beta)$  représente le volume intermoléculaire. La constante  $\beta$  multipliée par le poids moléculaire serait en effet une quantité proportionnelle au volume moléculaire, de sorte qu'au lieu de la relation (1) ci-dessus, on aurait, en désignant par  $L$  une constante :

$$b = L M \beta.$$

D'après les premières recherches publiées par M. Ketteler (*Wied. Ann.* 30. 286—33. 353 et 506—35. 662, *Zeitschrift f. physik. Chem.* 2. 905), il faut reconnaître que la relation qu'il propose est encore plus indépendante de la température que celle de MM. Lorenz et Lorentz. J'ai quand même adopté cette dernière, parce que l'on ne connaît jusqu'à présent la valeur de  $\beta$  que pour un petit nombre de composés.

Il n'en reste donc pas moins désirable que M. Ketteler continue les belles recherches qu'il a commencées sur cette intéressante question, recherches qui lui permettront de développer complètement sa nouvelle théorie des pouvoirs réfringents moléculaires.

la constante  $b$  dans tous les cas où l'on possède les éléments numériques dont elle dépend et de s'assurer que cette valeur reste bien proportionnelle au pouvoir réfringent moléculaire.

Mais  $b$  est donné par une équation du 3<sup>m</sup>e degré, dans laquelle entrent comme constantes la température critique et la pression critique. Les calculs que comporte la résolution de ces équations du 3<sup>m</sup>e degré n'étant pas encore terminés, je préfère donner dès maintenant une vérification approchée de la formule (1).

Cette manière de faire me paraît surtout justifiée parce qu'elle conduit à des rapports tout à fait inattendus entre le pouvoir réfringent moléculaire et certaines constantes thermiques assez mal définies jusqu'à présent. On trouvera le résultat de ce travail dans la note suivante, qui ne représente donc qu'un des développements à tirer de la relation (1).

---



LE COEFFICIENT CRITIQUE  
ET  
LA CONSTITUTION MOLÉCULAIRE DES CORPS  
AU POINT CRITIQUE

PAR  
M. Philippe-A. GUYE

---

Le rapport de la température critique absolue à la pression critique, — rapport pour lequel j'adopte la désignation abrégée de *coefficient critique*, — est une des constantes thermiques les plus mal définies. Quelques savants ont pensé que cette quantité devait être la même pour tous les corps, mais cette hypothèse, toute gratuite, est en complète contradiction avec les faits. Je vais essayer de démontrer que le coefficient critique est proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire et qu'il fournit un moyen précieux de fixer la constitution moléculaire des corps au point critique.

I

Si l'on désigne par  $\pi$ ,  $\vartheta$  et  $\varphi$  la pression, la température

et le volume critiques, ces quantités sont reliées entre elles par l'équation suivante<sup>1</sup> :

$$(1) \quad \frac{3}{8} (1 + \alpha \vartheta) = \frac{\pi \varphi}{(1 + 3\pi \varphi^2) \left(1 - \frac{\varphi}{3}\right)}$$

Si l'on observe que  $\varphi$  est toujours une quantité très petite et que le produit des deux binômes du dénominateur est sensiblement égal à 1, on pourra remplacer avec une très grande approximation l'expression précédente par celle qui suit :

$$(2) \quad \frac{3}{8} (1 + \alpha \vartheta) = \pi \varphi$$

d'où l'on tire, en tenant compte de la valeur  $\alpha = \frac{1}{273}$

$$\frac{3}{8} \cdot \frac{273 + \vartheta}{273} = \pi \varphi$$

et enfin en désignant le coefficient critique par  $\kappa$  :

$$(3) \quad \kappa = \frac{273 + \vartheta}{\pi} = \frac{3}{8} 273 \varphi$$

Le volume critique  $\varphi$  étant d'autre part relié à la constante  $b$  par l'équation<sup>2</sup> :

$$\varphi = 3b$$

et la constante  $b$  étant elle-même proportionnelle au pou-

<sup>1</sup> *Arch. des sc. ph. et nat.* (3), XXII, 555.

<sup>2</sup> *Arch. des sc. phys. et nat.* (3), XXII, 558.

voir réfringent moléculaire, on conclut que  $V$  étant un facteur constant, on doit avoir la relation <sup>1</sup>:

$$(4) \quad \alpha = \frac{273 + \vartheta}{\pi} = V \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{d} = \text{VMR}$$

Pour éviter toute confusion, il ne me paraît pas inutile de résumer ici la signification précise des lettres entrant dans cette formule :

$\vartheta$  = *température critique* comptée en degrés centigrades depuis le zéro de la glace fondante.

$\pi$  = *pression critique* exprimée en atmosphères.

$\alpha$  = *coefficient critique*, ou rapport de la température critique absolue à la pression critique.

$V$  = *facteur constant* auquel l'expérience assigne la valeur moyenne. 1 : 1,8 pour une radiation de longueur d'onde infinie.

$n$  = *indice de réfraction* pour un rayon de longueur d'onde infinie.

$d$  = *densité* du corps rapportée à celle de l'eau à 4° et déterminée à la même température que l'indice de réfraction, le choix de cette température restant arbitraire.

<sup>1</sup> La formule plus compliquée mais plus exacte par laquelle M. Sarrau (*Comptes rendus* 101, 941) a remplacé l'équation de M. van der Waals, conduirait au même résultat. En effet, de l'équation de M. Sarrau on tire :

$$\frac{273 + \vartheta}{\pi} = \frac{8}{R} \cdot (b + \beta)$$

$R$  étant une constante, la même pour tous les corps,  $\beta$  étant un volume auxiliaire qui intervient dans l'évaluation de la pression interne. Si l'on néglige  $\beta$  ou si on le suppose proportionnel à  $b$ , — ce qui est parfaitement plausible pour une première approximation, — le coefficient critique se trouve être lui-même proportionnel à  $b$  et par suite au pouvoir réfringent moléculaire.

$M$  = poids moléculaire du corps calculé dans l'unité  $H' = 2$ .

$R$  = par définition, *pouvoir réfringent spécifique* = 
$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{d}$$
.

$MR$  = par définition, *pouvoir réfringent moléculaire*.

Sous sa forme la plus simple, la formule (4) s'écrira donc

$$(5) \quad \alpha = VMR$$

De là la loi approchée :

*Le coefficient critique est égal, à un facteur constant près, au pouvoir réfringent moléculaire.*

## II

Il s'agit maintenant de voir comment cette loi théorique est vérifiée par les données d'expérience.

En raison de la nature absolument arbitraire des unités dans lesquelles sont exprimées ces diverses quantités, les pouvoirs réfringents moléculaires ( $MR$ ) sont plus grands, numériquement parlant, que les coefficients critiques. J'ai donc vérifié la relation (5) en calculant le rapport  $f$  de  $MR$  à  $\alpha$ , soit  $f = \frac{MR}{\alpha}$ . On aura donc  $V = \frac{1}{f}$ .

Quelques explications sont nécessaires sur le choix des données numériques dont j'ai fait usage.

Les températures critiques et les pressions critiques qui servent à fixer les valeurs de  $\alpha$  sont tirées d'un assez grand

nombre de mémoires dont les auteurs ont été désignés par les abréviations suivantes <sup>1</sup>.

M. Andrews..... Ad.	M. Paulewski..... P
» Ansdell..... As	» Ramsay ..... R
» Dewar..... D	» Ramsay et Yung.. RY
» Hannay..... H	» Sajotschewski ... Sj
» Janssen ..... J	» Strauss..... St
» Ladenburg..... L	» Vincent et Chappuis V.C
» Nadesjdine..... N	» van der Waals. ... v.d.W
» Olzewski..... O	» Wroblewski..... W

Dans les cas où les constantes critiques d'un même corps ont été déterminées par plusieurs observateurs, j'ai toujours fait entrer toutes les observations dans les calculs de vérification. Cette manière de faire a l'avantage de donner une idée exacte de la précision à laquelle on peut prétendre.

Les chiffres réunis dans le tableau I montrent qu'en ce qui concerne le coefficient critique  $\alpha$ , cette précision laisse encore à désirer. On ne peut répondre de la première décimale de la valeur de  $\alpha$ , et des déterminations d'observateurs différents ne concordent en moyenne qu'à 10 %, près, l'incertitude étant même dans quelques cas de 20 %, environ.

<sup>1</sup> J'ai réuni tous les renseignements bibliographiques sur cette question dans l'article « Point critique » qui doit paraître avec une des premières livraisons du nouveau supplément du Dictionnaire de Wurtz.

TABLEAU I.

*Valeurs de  $\alpha$  déduites d'expériences indépendantes.*

Corps.	$\alpha$	Observateurs.
Protoxyde d'azote.....	4.2	J.
Id. ....	4.1	D.
Acide carbonique.....	4.2	Ad.
Id. ....	3.9	Ad.
Éthylène.....	5.5	D.
Id. ....	4.9	v. d. W.
Ammoniaque.....	3.6	V. C.
Id. ....	3.5	D.
Alcool méthylique.....	7.3	N.
Id. ....	6.9	H.
Alcool éthylique.....	8.2	Sj.
Id. ....	8.0	R. Y.
Id. ....	7.9	H.
Alcool propylique.....	10.6	R. Y.
Id. ....	9.9	N.
Formiate d'éthyle.....	10.3	Sj.
Id. ....	10.2	N.
Acétate de méthyle.....	10.6	N.
Id. ....	8.7	Sj.
Acétate d'éthyle.....	13.1	N.
Id. ....	12.0	Sj.
Chlorure d'éthyle.....	8.7	Sj.
Id. ....	8.4	V. C.
Éther éthylique.....	13.1	R. Y.
Id. ....	12.5	Sj.
Id. ....	11.7	R.
Benzine.....	11.2	Sj.
Id. ....	9.3	R.
Diéthylamine.....	12.7	Sj.
Id. ....	12.2	V. C.
Acide chlorhydrique.....	3.4	V. C.
Id. ....	4.0	D.

L'incertitude qui règne sur la connaissance des coefficients critiques doit être attribuée à plusieurs causes.

Une première cause d'erreur provient de la mesure des hautes pressions. Quelques savants ont employé des manomètres métalliques dont la comparabilité est loin d'être bien établie. D'autres ont eu recours à des manomètres à azote, qui sont alors comparables, mais dont les indications sont insuffisantes, lorsque ces instruments n'ont pas été préalablement gradués par comparaison avec un manomètre à mercure.

En second lieu, il est très difficile d'effectuer les mesures des constantes critiques sur des corps chimiquement purs. Par la nature même des méthodes en usage, et surtout avec les corps de température critique élevée, on opère sur un mélange du corps étudié et d'une petite quantité de vapeurs mercurielles émanant du ménisque de mercure qui ferme le tube laboratoire de l'appareil. En outre, si le corps, généralement liquide, sur lequel on opère n'a pas été complètement et soigneusement purgé d'air, on s'éloigne encore des conditions normales de l'expérience. Tous les savants qui se sont occupés de la mesure des constantes critiques sont d'accord pour reconnaître que la présence de la moindre impureté modifie considérablement la valeur de ces constantes.

Enfin, dans certains cas, notamment pour quelques liquides organiques, les phénomènes qui se passent au point critique sont précédés de réactions chimiques plus ou moins accentuées, soit que le corps subisse un commencement de décomposition, soit qu'il réagisse sur les vapeurs mercurielles en présence desquelles il se trouve.

Si toutes ces causes d'erreur ont été prises en sérieuse considération dans les recherches récentes publiées sur

la mesure des constantes critiques, il n'en a pas toujours été ainsi, et c'est à cela qu'il faut attribuer les écarts souvent considérables qu'on constate entre des valeurs de  $\alpha$  déterminées par des observateurs différents.

Les pouvoirs réfringents moléculaires constituent le deuxième élément numérique entrant dans la formule (5). S'il s'agissait d'avoir leur valeur pour une radiation du spectre visible, l'exactitude avec laquelle ils sont en général déterminés est plus que suffisante. D'après M. Brühl, les erreurs d'observation ne dépassent pas  $\pm 0,3$  pour un poids moléculaire égal à 100.

Mais la relation (5) a été établie pour le cas où l'indice de réfraction  $n$  est rapporté à une radiation de longueur d'onde infinie, et, malheureusement alors, aucune formule de dispersion ne conduit à des résultats bien satisfaisants<sup>1</sup>.

Faute de mieux, j'ai adopté les valeurs que M. Brühl et M. Landolt avaient calculées au moyen de la formule de Cauchy

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$$

qui pour  $\lambda = \infty$ , donne  $n = A$ . Je me suis cru autorisé à procéder ainsi parce que tous les corps sur lesquels ont porté mes vérifications numériques présentent une faible dispersion, et qu'alors l'erreur commise est nécessairement réduite à un minimum. Les pouvoirs réfringents moléculaires des tableaux III et IV sont donc rapportés, autant qu'on peut le faire, à un rayon de longueur d'onde infinie.

En ce qui concerne le tableau II, je n'avais pas sous

<sup>1</sup> M. Brühl, *Chem. Ber.* 19. 2821.



la main les éléments suffisants pour faire cette réduction; je me suis contenté des valeurs du pouvoir réfringent moléculaire rapportées à la raie D du sodium, qui doivent différer très peu des valeurs ramenées à une radiation de longueur d'onde infinie. En effet, tous les composés qui figurent dans le tableau II présentent une très faible dispersion.

Les déterminations des pouvoirs réfringents moléculaires, exécutées par des observateurs différents, étant en général très concordantes, je n'ai fait entrer dans mes calculs qu'une seule observation de cette constante.

TABLEAU II.

Les pouvoirs réfringents moléculaires se rapportent à la raie D. Ceux des trois premiers corps sont tirés du mémoire de M. Bleckrode <sup>1</sup>. Les autres ont été calculés au moyen des données de Regnault et de M. Mascart par M. J. W. Brühl, qui a eu l'extrême obligeance de me communiquer ses résultats. Les densités des corps gazeux entrant dans la valeur de MR sont naturellement réduites à celle de l'eau à 4°.

Corps.	$273 + \vartheta$	$\pi$	$\alpha$	Observateurs.	MR	$f$
Acide sulfureux SO <sup>2</sup> ....	428.4	78.9	5.4	Sj.	9.79	1.8
Cyanogène (CN) <sup>2</sup> .....	397	61.7	6.4	D.	12.17	1.9
Ammoniaque NH <sup>3</sup> .....	403	115	3.5	D.	6.43	1.8
» » .....	404	113	3.6	V. C.	»	1.8
Protoxyde d'azote N <sub>2</sub> O ..	309.4	73.1	4.2	J.	7.69	1.9
» » ..	308.4	75.0	4.1	D.	»	1.9
Bioxyde d'azote NO. ....	179.5	71.2	2.5	O.	4.43	1.8
Acide carbonique CO <sup>2</sup> ...	304	73.0	4.2	Ad	6.74	1.6
» » ...	304	77.0	3.9	Ad.	»	1.7
Éthylène C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .....	282.2	58.0	4.9	v.d.W.	10.79	(2.2)
» » .....	283.1	51.0	5.5	D.	»	2.0
Acétylène C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> .....	310.1	68.0	4.6	As.	9.11	2.0
Acide chlorhydrique HCl.	325.3	86.0	4.0	D.	6.70	1.9
» » ..	324.5	96.0	3.4	V. C.	»	2.0

<sup>1</sup> Journ. de phys. (2). 4. 109.

TABLEAU III.

Pouvoirs réfringents moléculaires tirés des expériences de M. Landolt et de M. Brühl, recalculés par M. Landolt<sup>1</sup>, et rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie.

Corps.	273 + $\theta$	$\pi$	$\alpha$	Observat <sup>on</sup>	MR	$f$ .
Alcool éthylique $C_2H_5OH$ .....	507.3	62.1	8.2	Sj.	12.47	(1.5)
„ „ „.....	516.6	64.34	8.0	R. Y.	„	1.6
„ „ „.....	507.3	64.5	7.9	H.	„	1.6
Alcool propylique $C_3H_7OH$ ....	529	53.3	9.9	N.	17.09	1.7
„ „ „....	530.7	50.16	10.6	R. Y.	„	1.6
Alcool isopropylique $C_3H_7OH$ ..	507.6	53.0	9.6	N.	17.12	1.8
Acétone $CH_3.CO.CH_3$ .....	505.8	52.2	9.7	Sj.	15.71	1.7
Alc.isobutylique $\begin{matrix} C_4H_9 \\ CH_3 \end{matrix} > CH_2OH$	538.0	48.27	11.1	N.	21.55	1.9
Formiate d'éthyle $HCO_2.C_2H_5$ ..	503.0	48.7	10.3	Sj.	17.59	1.7
„ „ „ ..	506.1	49.16	10.2	N.	„	1.7
Acétate de méthyle $CH_3.CO_2.C_2H_5$	502.8	57.6	8.7	Sj.	17.69	2.0
„ „ „	505.9	47.54	10.6	N.	„	1.7
Acétate d'éthyle $CH_3.CO_2.C_2H_5$ ..	512.8	42.6	12.0	Sj.	22.14	1.8
„ „ „ ..	522.5	39.65	13.2	N.	„	1.7
Chlorure de propyle $C_3H_7Cl$ ..	494	49	10.1	V. C.	20.35	2.0
Éther $C_2H_5.O.C_2H_5$ .....	463	36.9	12.5	V. C.	21.89	1.8
„ „ „ .....	467	35.65	13.1	R. Y.	„	1.7
„ „ „ .....	468.5	40.0	11.7	R.	„	1.9
Acétate de propyle $CH_3.CO_2.C_3H_7$	549.3	34.80	15.8	N.	26.32	1.7
Butyrate de méth <sup>le</sup> $C_3H_7.CO_2.C_2H_5$	551.0	36.02	15.2	N.	26.29	1.7
Butyrate d'éthyle $C_3H_7.CO_2.C_2H_5$	565.8	30.24	18.7	N.	30.63	1.6
Valerianate d'éth <sup>le</sup> $C_4H_9.CO_2.C_2H_5$	566.7	31.50	18.0	N.	35.31	2.0
Thiophane $C_4H_4S$ .....	590.3	47.7	12.3	P.	23.73	1.9

<sup>1</sup> *Sitzungsber. der Akad. der Wissensch.* Berlin, 1882, p. 64.

<sup>3</sup> Valeur calculée par réduction proportionnelle, au moyen d'une détermination de MM. Nasini et Scala (*Jahresbericht der Chemie*, 1886, p. 294), qui ont trouvé pour valeur du pouvoir réfringent moléculaire du thiophène 24,13, relativement à la raie  $\alpha$  de l'hydrogène.

Indépendamment des corps qui figurent dans les tableaux II et III, il en est d'autres (réunis dans le tableau IV), dont on connaît les constantes critiques, mais pas les pouvoirs réfringents moléculaires. On peut suppléer à ce manque de données en calculant les pouvoirs réfringents moléculaires au moyen des règles posées par M. Brühl<sup>1</sup>. Les beaux travaux de ce savant faisant suite aux recherches restées classiques de MM. Gladstone, Dale, Landolt et Wullner, ont en effet démontré que tant qu'il s'agit de corps de faible dispersion, — ce qui est le cas de tous les composés figurant dans le tableau IV, — on obtient ainsi des nombres concordant d'une manière très satisfaisante avec ceux que donne l'expérience. Les valeurs de  $f$  consignées dans le tableau IV, se rapportent à une radiation de longueur d'onde infinie.

<sup>1</sup> *Zeitsch. f. physikal. Chem.* I. 310 et 338.

TABLEAU IV.

Pouvoirs réfringents moléculaires, calculés au moyen des coefficients atomiques de réfraction de MM. Landolt et Brühl<sup>1</sup>, rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie.

Corps.	273 + $\theta$	$\pi$	$\alpha$	Observat <sup>1</sup>	MR	$f$
Méthane $\text{CH}_4$ .....	191.2	54.9	3.5	O.	6.51	1.9
" " .....	173.5	50	3.5	D.	"	1.9
Ethane $\text{C}_2\text{H}_6$ .....	308	45.2	6.9	D.	10.98	1.6
Chlorure de méthyle $\text{CH}_3\text{Cl}$ .....	444.5	73	5.7	V. C.	11.38	2.0
Chlorure d'éthyle $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ .....	455.4	52.6	8.7	Sj.	15.85	1.8
" " .....	455.5	54	8.4	V. C.	"	1.9
Formiate de propyle $\text{HCO}_2\text{C}_3\text{H}_7$ ....	533.8	42.70	12.5	N.	21.73	1.7
Acétate d'isobutyle $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_4\text{H}_9$ ....	561.3	31.40	17.9	N.	30.67	1.7
Propionate de méthyle $\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{CH}_3$ .	528.7	39.88	13.2	N.	21.73	1.6
Isobutyrate d'éthyle $\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$ ..	553.4	30.13	18.4	N.	30.67	1.7
Méthylamine $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .....	428	72	5.9	V. C.	10.40	1.8
Diméthylamine $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ .....	436	56	7.8	V. C.	14.87	1.9
Triméthylamine $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ .....	433.5	44	10.6	V. C.	19.34	1.8
Diéthylamine $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ .....	493.0	38.7	12.7	Sj.	23.81	1.9
" " .....	489	40	12.2	V. C.	"	2.0
Triéthylamine $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ .....	532	30	17.7	V. C.	32.75	1.9
Propylamine $\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$ .....	491	50	9.8	V. C.	19.34	2.0
Dipropylamine $(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{NH}$ .....	550	31	17.7	V. C.	32.75	1.9
Oxyde de méthyléthyle $\text{CH}_3\text{O.C}_2\text{H}_5$ .	444.4	46.27	9.6	N.	17.01	1.8
Isomylène $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .....	464.6	33.9	13.7	N.	23.94	1.7

De l'ensemble des données numériques réunies dans

<sup>1</sup> Landolt, *Sitz. Ber. Akad. d. Wissensch.* Berlin, 1882, p. 91; Brühl, *Lieb. Ann.*, 235, 35. — Tous ces calculs étaient terminés lorsque j'ai eu connaissance d'un travail récent de MM. Gladstone et Perkin (*Chem. Soc.* 55. 750) sur les pouvoirs réfringents des bases organiques. Les valeurs de MR qu'on peut déduire des déterminations de ces deux savants concordent d'une manière très satisfaisante avec celles que j'ai admises dans le tableau IV. J'ai donc jugé inutile de refaire ces calculs qui auraient conduit à la même valeur moyenne de  $f$ .

les tableaux II, III et IV, on peut conclure que  $f$  conserve une valeur à peu près constante, variant de 1,6 à 2,0 si l'on excepte la valeur 1,5 pour une détermination relative à l'alcool et la valeur 2,2 pour une détermination relative à l'acétylène. Les trois quarts des valeurs de  $f$  sont en outre comprises entre 1,7 et 1,9 ce qui augmente la probabilité de la moyenne générale 1,8.

Les valeurs extrêmes 1,6 et 2,0 sont en écart de 10 % environ sur la moyenne 1,8. Or, on a vu que l'incertitude sur la valeur de  $\alpha$  est précisément d'environ 10 %. Les valeurs extrêmes n'ont donc rien d'anormal et sont ainsi comprises entre les limites des erreurs d'observation.

On remarquera aussi que les vérifications numériques réunies dans les tableaux précédents comprennent plus de cinquante déterminations de constantes critiques, exécutées d'une façon tout à fait indépendante par seize observateurs différents; que ces déterminations sont relatives à quarante composés divers, parmi lesquels on trouve des corps à fonctions chimiques très variées. Or dans ces conditions, les éléments numériques entrant dans la formule (5) sont compris entre :

179°,5 et 590°,3 pour les températures critiques absolues,

30<sup>atm.</sup> et 115<sup>atm.</sup> pour les pressions critiques,

4,4 et 35, 3 pour les pouvoirs réfringents moléculaires.

En d'autres termes, ces derniers varient dans le rapport de 1 à 8, la constante  $f$  ne varie que dans celui de 1 à 1,25. Alors même qu'il ne s'agirait pas d'une relation fondée sur des considérations théoriques, il ne peut donc être question d'une coïncidence fortuite. La loi approchée dont j'ai donné plus haut la démonstration, est ainsi confirmée par l'expérience.

## III

Indépendamment de l'importance que peut avoir la loi qui vient d'être établie, en tant que confirmation des vues théoriques de MM. Maxwell, van der Waals, Lorenz, Lorentz et Exner, on peut en tirer plusieurs conséquences importantes au point de vue chimique, et tout d'abord sur la constitution moléculaire des corps au point critique.

L'équation (5) peut en effet s'écrire :

$$(6) \quad M = 1,8 \cdot \frac{\alpha}{R}$$

et, sous cette forme, elle donne la valeur du poids moléculaire en fonction du coefficient critique et du pouvoir réfringent spécifique. Si la connaissance du poids moléculaire au point critique n'a pas une grande importance pratique, il n'en est peut-être pas de même au point de vue théorique. Car, quelle que soit la définition que l'on adopte du point critique, ce dernier n'en est pas moins le point où, pratiquement et visiblement, un liquide et une vapeur possèdent la même densité, et, de ce que dans cet état les poids moléculaires des corps donnés par la relation (6) soient les mêmes que ceux qui sont déduits de la loi d'Avogadro et d'Ampère, on peut conclure que les molécules des corps à l'état liquide sont en général de même grandeur qu'à l'état de gaz ou de vapeurs. C'est là une confirmation des faits remarquables découverts par M. Raoult en étudiant les propriétés des dissolutions étendues.

L'équation (6) suppose la connaissance du pouvoir



*Remarques.* 1° Le coefficient  $[N \equiv]_x$  a été déduit de la valeur du coefficient critique du cyanogène 6,43, par soustraction de  $2[C]_x = 2,70$ . La différence 3,73 divisée par 2 donne la valeur du coefficient critique de l'atome d'azote triplement lié, soit 1,86. 2° Le coefficient  $[P]_x = 3,01$  est déduit du pouvoir réfringent du gaz  $PH_3$ .

Au moyen de ces coefficients, qui, en toute rigueur, ne concernent que les corps organiques, on peut calculer la valeur du coefficient critique d'un composé dont on connaît la formule moléculaire. Les écarts entre les résultats du calcul et de l'expérience dépassent rarement 10  $\frac{6}{10}$ . C'est dire qu'ils sont compris dans les limites des erreurs d'observation.

### *Exemples de calculs.*

1° Coefficient critique de l'acétate d'éthyle  $CH_3.COOC_2H_5$  :

$$\begin{array}{rcl} 4[C]_x & = & 5.40 \\ 8[H]_x & = & 4.56 \\ 1[O-]_x & = & 0.87 \\ 1[O=]_x & = & 1.27 \\ \hline & & 12.10 \end{array}$$

L'expérience a donné 12,0 et 12,4.

2° Coefficient critique de l'acétylène  $CH \equiv CH$  :

$$\begin{array}{rcl} 2[C]_x & = & 2.70 \\ 2[H]_x & = & 1.14 \\ 1[\equiv]_x & = & 1.03 \\ \hline & & 4.87 \end{array}$$

L'expérience a donné 4,6.



Voici encore quelques valeurs obtenues par le calcul comparées à celles que donne l'expérience :

Corps.	x calculé.	x observé.
Chlorure d'éthyle $C_2H_5Cl$ .....	8.8	8.4—8.7
Formiate d'éthyle $HCO_2C_2H_5$ .....	9.6	10.2—10.3
Éther éthylique $C_2H_5.O.C_2H_5$ .....	12.4	11.7—12.5
Méthane $CH_4$ .....	3.6	3.5
Méthylamine $CH_3.NH_2$ .....	5.8	5.9
Acétone $CH_3.CO.CH_3$ .....	8.7	9.7
Éthylène $C_2H_2$ .....	5.9	5.6—4.2
Alcool propylique $CH_3.CH_2.CH_2.OH$ ..	9.5	9.9—10.6
Acide carbonique $CO_2$ .....	3.9	3.9—4.2
Ammoniaque $NH_3$ .....	3.3	3.5—3.6
Azote $N_2(N\equiv N)$ .....	3.7	3.6—3.9
Bioxyde d'azote (N-O) .....	2.5	2.5
Protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) .....	4.1	4.1—4.2
Valérianate d'éthyle $C_4H_9.CO_2C_2H_5$ ..	19.6	18.4

Ces exemples, auxquels on pourrait en ajouter plusieurs autres me paraissent justifier complètement la notion des coefficients atomiques critiques, telle qu'elle est établie plus haut. On peut donc conclure d'une manière générale que :

*Le coefficient critique d'un corps est égal à la somme des coefficients critiques des atomes qui constituent sa molécule, augmentée dans certains cas de coefficients dépendant de la nature des liaisons des atomes entre eux.*

La seule connaissance du coefficient critique est des lors suffisante pour fixer la valeur du poids moléculaire au point critique, tout au moins pour choisir entre les divers multiples d'une formule celui qui représente la vraie grandeur moléculaire d'un corps dont on a déterminé expérimentalement le coefficient critique. Je prends par exemple le cas du formiate de propyle dont le coefficient

critique déterminé par l'expérience est 12,5. Il est évident que la vraie grandeur moléculaire de ce corps au point critique est représentée par la formule  $C_4H_4O$ , qui conduit à une valeur du coefficient critique de 12,1, tandis que la formule simple  $C_4H_4O$  devrait donner 6,1 et la formule double 24,2.

Le calcul du coefficient critique au moyen de coefficients atomiques critiques présente une grande analogie avec le calcul des pouvoir réfringents moléculaires, des volumes moléculaires, des constantes thermochimiques moléculaires etc. au moyen de coefficients atomiques spéciaux.

Il en diffère cependant par un caractère essentiel. Toutes ces dernières constantes ne sont pas en effet ce qu'on pourrait appeler de véritables constantes physiques, en ce sens qu'elles représentent toujours le produit d'une constante physique pure par le poids moléculaire du corps considéré. On peut donc s'attendre à ce que ce produit puisse être retrouvé par une sommation de coefficients atomiques, bien que cela ne soit pas évident *a priori*.

Il en est tout autrement du coefficient critique dont on peut obtenir une valeur approchée par une sommation de coefficients atomiques, mais qui est lui-même une constante physique pure, *absolument indépendante de toute hypothèse sur le poids moléculaire*.

Cette propriété du coefficient critique d'être égal à une somme de coefficients atomiques me paraît digne d'attirer l'attention; elle montre une fois de plus les rapports toujours plus étroits qui doivent s'établir entre la chimie et la physique.

Il n'est enfin pas indifférent d'employer la notation chimique en équivalents ou en atomes. Les premiers conduiraient à une valeur de la constante  $f$  qui serait tantôt

égale à 0.9 tantôt à 1.8 suivant que les poids moléculaires sont égaux aux équivalents ou au double de ceux-ci.

Quant aux équivalents rapportés à des volume égaux de vapeur de M. Berthelot, ils donnent naturellement les mêmes résultats que les poids moléculaires.

#### IV

Les lois qui régissent le pouvoir réfringent d'un mélange de plusieurs corps peuvent-elles s'appliquer au coefficient critique d'un mélange? *A priori*, la chose n'est pas évidente; certaines considérations que je vais développer me semblent cependant indiquer qu'il doit en être ainsi.

En effet, si la proportionnalité entre le pouvoir réfringent moléculaire et le coefficient critique était encore vraie dans le cas d'un mélange, ce qui paraît très probable, il en résulterait que le *coefficient critique d'un mélange formé de plusieurs molécules de corps différents serait très approximativement égal au coefficient critique moyen du mélange*, attendu que le pouvoir réfringent d'un mélange est soumis à une loi approchée tout à fait analogue.

En d'autres termes, un mélange étant formé de :

$n_1$  molécules d'un corps dont le coefficient critique est  $x_1$ .

$n_2$  id. id.  $x_2$ .

$n_3$  id. id.  $x_3$ .

Le coefficient critique du mélange devrait être très approximativement égal à

$$\frac{n_1 x_1 + n_2 x_2 + n_3 x_3}{n_1 + n_2 + n_3}$$

Pour le cas particulier où deux corps sont en présence à raison d'une molécule de chacun d'eux, le coefficient critique du mélange serait  $\frac{x_1 + x_2}{2}$ . Mais si les deux corps sont susceptibles de se combiner molécule à molécule dans les conditions de température et de pression qui caractérisent le point critique, le coefficient critique serait alors très approximativement égal à  $x_1 + x_2$ , et cela en vertu de la loi de sommation des coefficients atomiques critiques.

On voit donc qu'en admettant comme vraie l'hypothèse sur le coefficient critique d'un mélange, la valeur de ce coefficient fournirait un moyen de constater si un corps reste identique à lui-même au point critique. Car si 1 molécule se décompose en 2, 3...  $n$  molécules, la détermination expérimentale du coefficient critique conduira à une valeur qui sera 2, 3...  $n$  fois plus petite que celle qu'on peut calculer par les coefficients atomiques critiques. Au contraire, si 2, 3...  $n$  molécules d'un corps se condensent au point critique en 1 molécule d'un produit de polymérisation, le coefficient critique déterminé par l'expérience sera 2, 3...  $n$  fois plus grand que celui de la molécule primitive calculé au moyen des coefficients atomiques critiques.

Lors donc que la valeur du coefficient critique d'un corps, donnée par l'expérience, s'écarte de la valeur calculée, de telle sorte que la différence entre ces deux valeurs ne puisse plus être comprise dans les limites des erreurs d'observations (en moyenne 10 %, au maximum 20 %), ce doit être l'indice d'une modification survenue dans l'état chimique du corps au point critique. Et, suivant le sens dans lequel se produit l'écart, on sera en droit d'affirmer qu'il y a condensation ou décomposition.

Comme ces règles approchées sont assez bien vérifiées dans les quelques cas où l'on possède des données expérimentales précises, je ne crois pas inutile de les passer en revue.

I. *Mélange de* : 9 vol.  $\text{CO}_2$  + 1 vol. air, ou ce qui revient à peu près au même : 45 vol.  $\text{CO}_2$  + 4 vol.  $\text{N}_2$  + 1 vol.  $\text{O}_2$ .

D'après M. van der Waals, la température critique de ce mélange est  $25^\circ$  (ou  $298^\circ$  depuis le zéro absolu), la pression critique est de  $77^{\text{atm}},5$ .

Or, si l'on adopte les valeurs moyennes suivantes des coefficients critiques des trois gaz dont est formé le mélange :

Acide carbonique : 4.1    Azote : 3.7    Oxygène : 3.0

on trouve d'après les règles précédentes que le coefficient critique du mélange dans le cas où tous les corps seraient combinés doit être égal à 202,3 soit :

$$\begin{array}{rcl}
 45 \text{ fois le coefficient critique de } \text{CO}_2 & = & 184.5 \\
 + 4 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \text{N}_2 & = & 14.8 \\
 + 1 \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \text{O}_2 & = & 3.0 \\
 \hline
 & & 202.3
 \end{array}$$

Si au contraire ces 50 molécules ( $= 45 + 4 + 1$ ) d'acide carbonique, d'azote et d'oxygène ne forment qu'un mélange, le coefficient critique de ce dernier doit être égal à  $\frac{202.3}{50} = 4.0$ .

L'expérience démontre que cette dernière hypothèse est seule juste, car les constantes critiques conduisent à la valeur de  $= \frac{298}{77.5} = 3.8$ .

On serait arrivé au même résultat en employant les coefficients atomiques critiques du tableau V. En effet, si les corps constituant le mélange se combinent au point critique, ils formeraient un composé de la formule  $C_{11}O_{11}N_{11}$ , dont le coefficient critique serait donné par la somme des coefficients atomiques, soit : 192,5.

$$\begin{array}{rcl} 45 [C]x & = & 60.75 \\ 92 [O=]x & = & 116.84 \\ 8 [N\equiv]x & = & 14.88 \\ \hline & & 192.47 \end{array}$$

Si au contraire il n'y a pas combinaison des corps, au point critique, le coefficient critique du mélange des 50 molécules sera  $\frac{192.47}{50} = 3.9$ , nombre parfaitement conforme à la valeur 3.8 donnée par l'expérience.

II. *Mélange de : 7 vol. CO, + 3 vol. ClH.*

Le coefficient critique de CO, est 4,1 (valeur moyenne).

id. HCl 3,7 id.

S'il y a combinaison, le coefficient critique sera :  $7 \times 4,1 + 3 \times 3,7 = 39,8$ .

On arriverait à peu près au même résultat par les coefficients atomiques du tableau V, soit

$$\begin{array}{rcl} 7 [C]x & = & 9.45 \\ 14 [O=]x & = & 17.78 \\ 3 [Cl]x & = & 9.81 \\ 3 [H]x & = & 1.71 \\ \hline & & 38.75 \end{array}$$

Si au contraire l'acide carbonique et l'acide chlorhydrique ne se combinent pas, le coefficient critique du mé-

lange des 10 molécules ( $7 \text{ CO}_2 + 3 \text{ HCl}$ ) sera  $\frac{39.8}{10}$  ou  $\frac{38.75}{10}$ , soit 4.0 à 3.9 suivant le mode de calcul.

C'est cette dernière hypothèse qui est juste, car d'après les expériences de M. van der Waals, on a  $\vartheta = 31^\circ.6$ ,  $\pi = 90^{\text{atm.}}$ , d'où l'on tire  $\alpha = \frac{273 + 31.6}{90} = 4.5$ .

III. *Chlorure de phosphonium*. M. Ogier a constaté qu'à la température ordinaire, l'acide chlorhydrique et l'hydrogène phosphoré se combinent sous pression pour donner du chlorure de phosphonium  $\text{PH}_4\text{Cl}$ . Il est facile de démontrer que cette combinaison n'existe plus, comme telle, au point critique.

En effet, si elle était stable son coefficient critique serait alors :

$$\begin{array}{r} [\text{P}]\alpha = 3.01 \\ 4[\text{H}]\alpha = 2.28 \\ [\text{Cl}]\alpha = 3.27 \\ \hline 8.56 \end{array}$$

Si le corps est décomposé en  $\text{PH}_3 + \text{HCl}$ , c'est-à-dire en deux molécules, le coefficient critique sera égal à  $\frac{8.56}{2} = 4.3$ .

C'est à ce dernier chiffre que conduisent les expériences de M. van t'Hoff qui a trouvé :

$$\vartheta = 50^\circ.5 \qquad \pi = 80^{\text{atm.}}$$

d'où l'on tire :

$$\alpha = \frac{273 + 50.5}{80} = 4.0$$

Le chlorure de phosphonium n'existe donc plus à la température critique.

Indépendamment de ces exemples qui me paraissent probants, il y a des faits d'expérience qui viennent confirmer les règles relatives aux coefficients critiques des mélanges. Ainsi, d'après des observations personnelles de MM. Vincent et Chappuis, que ce dernier a eu l'amabilité de me communiquer, la température critique d'un gaz impur est souvent très voisine de celle du gaz pur, tandis qu'alors la pression critique s'élève d'une façon très appréciable. Voici, par exemple, quelques observations à l'appui de ce fait, relatives au chlorure de méthyle<sup>1</sup> :

« 1° Remplissage du tube par circulation; fermeture à la lampe, — gaz impur :

$$\vartheta = 141^{\circ}.5 \quad \pi = 77^{\text{atm.}}$$

« 2° Remplissage du tube par la méthode du vide, — fermeture à la lampe (impureté gazeuse :  $\frac{1}{150}$ )

$$\vartheta = 141^{\circ}.5 \quad \pi = 74^{\text{atm.}}$$

« 3° L'impureté provenant probablement du chauffage du chlorure de méthyle au moment de la fermeture, l'emploi de la lampe a été supprimé dans un troisième mode de remplissage, et l'on a trouvé :

$$\vartheta = 141^{\circ}.5 \quad \pi = 73^{\text{atm.}}$$

« La pression critique a donc baissé de  $4^{\text{atm.}}$ , soit d'environ 5 % »

<sup>1</sup> Pour le détail du mode opératoire, voir *Journ. de Phys.*



Ces observations de MM. Vincent et Chappuis démontrent que la moindre impureté a pour effet de diminuer la valeur du coefficient critique; c'est ce qui doit arriver d'après les règles auxquelles est soumis le coefficient critique d'un mélange.

## V

Jusqu'à présent, j'ai laissé de côté les corps qui font exception à la loi de proportionnalité entre le coefficient critique et le pouvoir réfringent moléculaire. Il importe de les passer scrupuleusement en revue et de voir jusqu'à quel point cette loi est infirmée.

Un premier groupe d'exceptions est constitué par les gaz les plus difficilement liquéfiables, oxygène, azote, oxyde de carbone, pour lesquels on trouve en effet :

Corps.	$273 + \theta$	$\pi$	$\kappa$	Observat <sup>on</sup>	MR. Raie D	$f$
Oxygène O <sub>2</sub> .....	155	50	3.0	W. O.	4.03	1.3
Azote N <sub>2</sub> .....	127	35	3.6	O.	4.42	1.2
" .....	126.6	32.5	3.9	W.	4.42	1.1
Oxyde de carbone CO....	133.5	35.5	3.8	O.	4.99	1.3
" .....	131.9	35.9	3.7	W.	4.99	1.4

Les pouvoirs réfringents moléculaires ont été calculés par M. Brühl au moyen des données de Regnault et de M. Mascart.

Je n'ai encore trouvé aucune explication plausible rendant compte de ces trois exceptions. On remarquera seulement que les pouvoirs réfringents moléculaires sont déterminés à 120—150° en dessus des températures critiques, tandis que pour tous les corps figurant dans les tableaux II,

III et IV, cette détermination est faite ou dans le voisinage de la température critique ou à une température notablement inférieure. On peut donc se demander si la quantité  $\frac{n' - 1}{n' + 2} \frac{M}{d}$  reste bien indentique à elle-même dans d'aussi grands intervalles de température.

Un deuxième groupe est formé par des corps pour lesquels la valeur de  $f$  est telle qu'une correction de 10 %, (donc comprise entre les limites des erreurs d'observation) la ferait rentrer dans les valeurs normales trouvées précédemment.

Corps.	$273 + \vartheta$	$\pi$	$\alpha$	Observat <sup>on</sup>	MR	$f$
Éthylamine $C_2H_5NH_2$ ...	450	66	6.8	V. C.	14.87	2.2
Benzine $C_6H_6$ .....	553.6	49.5	11.2	Sj.	24.99	2.2
" " .....	564.7	60.5	9.3	R.	24.99	(2.7)
Chloroforme $CHCl_3$ ....	553.0	59.9	9.7	Sj.	20.85	2.2
Hydrogène sulfuré $H_2S$ .	373.2	92.0	4.1	D.	8.91 (jour)	2.2

Les pouvoirs réfringents moléculaires sont rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie, à l'exception de celui de l'hydrogène sulfuré qui est relatif à la lumière du jour, et qui est tiré du mémoire de M. Bleckrode déjà cité ; la valeur 14,87 pour l'éthylamine a été calculée ; les autres valeurs de MR ont empruntées au mémoire de M. Landolt.

Viennent ensuite dans un *troisième groupe* les corps qui exercent à la température critique une action chimique sur le mercure :

Corps.	$273 + \vartheta$	$\pi$	$\alpha$	Observat <sup>on</sup>	MR	$f$
Tétrachlorure de carbone $CCl_4$ ...	555	57.6	9.6	D	25.82	2.7
Chlorure d'éthylène $CH_2ClCH_2Cl$ .	561.4	53.0	10.6	N	20.49	2.4
Chlorure d'éthylidène $CH_3CHCl_2$ .	523	50	10.5	N	20.64	2.5
Chlore $Cl_2$ .....	444	83.9	3.4	D	11.56(D)	3.4
Sulfure de carbone $CS_2$ .....	544.8	74.7	7.3	Sj.	17.91(D)	2.4
" " .....	550.7	78.1	7.0	H	17.91	2.6

Les pouvoirs réfringents moléculaires sont tirés du mémoire de M. Landolt, ils sont rapportés à une radiation de longueur d'onde infinie. Pour le chlore seul, cette constante, calculée par M. Brühl, est relative à la raie *D* du sodium.

Tous les corps réunis dans ce 3<sup>me</sup> groupe exercent une action sur les vapeurs de mercure en présence desquelles ils se trouvent lorsqu'on détermine leur point critique. Le fait a été nettement constaté par M. Nadesjdine pour les chlorures d'éthylène et d'éthylidène. Je me suis assuré par des expériences directes qu'il en est de même à des températures inférieures à la température critique (à 240°) pour le tétrachlorure de carbone et pour le sulfure de carbone. L'action du chlore sur le mercure est connue depuis longtemps.

Les constantes critiques de tous ces corps ne se rapportent donc pas à des substances pures et, en vertu des règles relatives aux mélanges, ne peuvent par conséquent satisfaire à la loi proposée.

Il semble, à première vue, que les exceptions signalées dans les deux derniers groupes sont propres aux composés chlorés et sulfurés. Mais il n'en est rien : les tableaux II, III et IV contiennent plusieurs corps de ces catégories qui se conforment à la loi (chlorure de méthyle, éthyle, propyle; thiophène).

Les valeurs de *f* fournies par les exceptions du 3<sup>me</sup> groupe sont toutes plus fortes que la moyenne 1,8, entre les limites 1,6—2,0. Ce résultat est conforme aux règles posées plus haut sur le coefficient critique des mélanges.

Dans un quatrième et dernier *groupe* il faut enfin faire rentrer deux exceptions assez singulières dues à l'eau et à l'alcool méthylique; ces deux corps conduisent aux valeurs

suivantes de  $f$  en prenant pour pouvoirs réfringents moléculaires les nombres consignés dans le mémoire de M. Landolt, relatifs à un rayon de longueur d'onde infinie :

Corps.	273 + $\theta$	$\pi$	$\alpha$	Observat <sup>on</sup>	MR	$f$
Eau H <sub>2</sub> O.....	631.1	—	3.2	N.	3.62	1.1
".....	643	195.5	3.3	St.	3.62	1.1
Alcool méthylique CH <sub>3</sub> OH....	506	69.7	7.3	N.	8.01	1.1
".....	508.8	72.9	6.9	H.	8.01	1.2

Ces résultats réclament quelques explications.

Les constantes critiques de l'eau ne peuvent être déterminées exactement, les tubes de verre étant attaqués par l'eau ainsi que l'a constaté M. Paulewski. Les constantes critiques de l'eau ont donc été déterminées indirectement par M. Strauss; M. Nadesjdine en opérant dans un tube métallique platiné a pu déterminer la température critique seulement, et le résultat auquel il est arrivé est assez rapproché de celui de M. Strauss.

Si l'on regarde donc comme à peu près exactes les déterminations des constantes critiques de l'eau et de l'alcool méthylique et si l'on se reporte aux règles posées précédemment on verra qu'il suffit de doubler les poids moléculaires  $M$  des deux corps pour doubler les valeurs de  $MR$  et arriver ainsi à des valeurs de  $f$  (2,2) rentrant à 10 %, près dans les limites normales trouvées précédemment. On arrive ainsi à admettre que l'eau et l'alcool méthylique conservent au point critique le poids moléculaire double qu'on leur trouve lorsqu'on les étudie à basse température par la méthode cryoscopique de M. Raoult.

En résumé les trois gaz oxygène, azote et oxyde de carbone conduisent seuls à des valeurs de  $f$  un peu trop faibles dont il est encore difficile de rendre compte.

Tous les autres cas exceptionnels sont susceptibles de recevoir une interprétation plausible, parfaitement conforme aux règles qui ont été développées plus haut.

## VI

\* Bien que la relation  $MR = 1,8\kappa$  soit vérifiée avec la précision qu'on peut demander aux expériences dont on tire les éléments numériques nécessaires, il importe de ne pas oublier qu'elle ne peut être qu'approchée.

Pour démontrer la proportionnalité du pouvoir réfringent moléculaire au coefficient critique, on a supposé que

$(1 + 3\pi\varphi^2) \left(1 - \frac{\varphi}{3}\right)$  est égal à 1 ou tout au moins en

diffère très peu. Il n'en est peut-être pas toujours ainsi, et il faudrait alors revenir à la formule fondamentale que j'ai établie au début de ce travail.

$$b = FMR$$

qui implique la proportionnalité du co-volume  $b$  et du pouvoir réfringent moléculaire.

Quelles conclusions générales faut-il tirer maintenant de l'ensemble des résultats qui viennent d'être exposés. Peut-on, par exemple, les envisager comme une preuve de l'exactitude des conceptions théoriques de M. van der Waals sur la constitution des gaz et des liquides, de M. Maxwell sur la théorie électro-magnétique de la lumière, et de Clausius sur la nature des diélectriques? Je ne le pense pas.

Toutes ces théories, si ingénieuses et souvent si sédui-

santes, ne sont en effet et ne peuvent être que des approximations. Si l'on arrive par la combinaison de leurs divers éléments à des résultats nouveaux, confirmés par l'expérience, comme ceux exposés dans les pages précédentes, c'est simplement parce que les bases dont on est parti, sont des approximations du même ordre. En tant qu'approximations, ces théories reçoivent ainsi une nouvelle confirmation, mais elles n'en restent pas moins des approximations.

Ces réserves faites, une notion cependant me paraît se dégager clairement de ce travail, c'est celle du co-volume de l'équation fondamentale des gaz et des liquides, car si le coefficient critique et le pouvoir réfringent moléculaire sont des constantes proportionnelles, c'est parce qu'on peut établir que toutes deux sont proportionnelles au co-volume  $b$ . Cette notion dont la nécessité a pu être contestée, me paraît dès lors s'imposer, puisqu'elle peut conduire à des résultats nouveaux et inattendus entre des constantes thermiques, optiques, chimiques et électriques, résultats qu'on me permettra de résumer en terminant cette étude :

Par la nature même des définitions, j'ai été conduit à énoncer la loi nouvelle suivante :

*Le co-volume de l'équation fondamentale des gaz et des liquides est proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire.*

De là j'ai déduit une seconde loi : *Le coefficient critique est très approximativement proportionnel au pouvoir réfringent moléculaire* ; toutes les données expérimentales que l'on possède en cette matière permettent de vérifier l'exactitude de cet énoncé ; les corps faisant exception se trouvent au point critique dans des conditions telles, qu'on peut donner, en général, au résultat obtenu une interprétation parfaitement plausible.

La loi précédente m'a ensuite servi à la détermination des poids moléculaires au point critique, détermination qui se simplifie considérablement par l'introduction de coefficients atomiques critiques proportionnels aux coefficients atomiques de réfraction.

J'ai déduit enfin les règles approchées suivant lesquelles doivent varier les coefficients critiques des mélanges, ce qui permet, entre autres résultats, de reconnaître que le chlorure de phosphonium n'existe plus comme combinaison au point critique, qu'il est alors décomposé en  $\text{HCl} + \text{PH}_3$ .

---

La plus grande partie des calculs que comporte cette étude ont été confiés à M. Guiblet, auquel j'exprime ici toute ma reconnaissance pour le soin qu'il a apporté à ce travail.

Paris, février 1890.

---

# REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1889

PAR

MM. Ernest FAVRE & Hans SCHARDT.

---

## PREMIÈRE PARTIE

Cette revue est divisée, comme les précédentes, en deux parties. La première comprend l'analyse des ouvrages généraux, des descriptions géologiques et des recherches relatives aux minéraux, roches, etc.; la seconde traite des travaux relatifs aux terrains, des formations plus anciennes jusqu'aux dépôts actuels.

**NÉCROLOGIE.** — L'année 1889 a vu disparaître un géologue dont le nom a souvent paru dans cette revue, M. Charles LORY, professeur à la Faculté de Grenoble, dont M. HOLLANDE<sup>1</sup> et M. BERTRAND<sup>2</sup> ont résumé la

<sup>1</sup> Hollande, Notice biographique et liste des publications de M. Lory. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, III, 45-48.

<sup>2</sup> M. Bertrand, Éloge de Charles Lory. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, XVII, 664-679.



carrière. Lory prenait souvent part aux réunions de la Société helvétique des Sciences naturelles; il était membre de la Société géologique suisse à la fondation de laquelle il s'est intéressé. Ses ouvrages sont nombreux et, pendant sa carrière scientifique, de près de quarante-cinq ans, il a beaucoup contribué aux progrès de la géologie du Jura et des Alpes. C'est lui qui a découvert et décrit, un des premiers, le terrain purbeckien dans le Jura. Son séjour comme professeur à Besançon lui permit de se vouer à l'étude de cette chaîne. Plus tard, fixé à Grenoble, il s'attacha davantage à la géologie des Alpes occidentales, dont l'orographie, les dislocations, certaines différences de facies, ont été l'objet de ses recherches. C'est à lui qu'on doit la théorie sur les dislocations des Alpes d'après laquelle les plis des terrains stratifiés de la surface correspondraient à des failles dans les terrains profonds.

M. RENEVIER a retracé la vie du géologue vaudois, Ph. DE LA HARPE<sup>1</sup> (1830-1882). Ses études sur le quaternaire, sur la molasse, sur le sidérolithique du canton du Vaud et sur quelques localités des Alpes vaudoises et valaisannes, ont lié son nom à la géologie de la Suisse et du canton de Vaud en particulier; elles furent suivies plus tard d'une entreprise plus grande, celle d'une monographie du genre *Nummulites*. Quinze notices et mémoires ont paru sur ce sujet, mais ce ne sont que les préliminaires à l'œuvre plus générale à laquelle de la Harpe a consacré dix années de sa vie et qui resta malheureusement inachevée.

<sup>1</sup> E. Renevier, Philippe de la Harpe, sa vie et ses travaux scientifiques. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 1890, XXV, 1-16. Cette biographie est suivie d'une liste complète de ses travaux.

Enfin nous signalons avec tristesse la mort récente de V. GILLIÉRON (1826-1890). Sans avoir fait des études spéciales, il a été l'auteur de plusieurs travaux remarquables, fruits de ses patientes recherches. Occupé dans l'enseignement secondaire, d'abord dans le canton de Vaud, puis à Neuveville et en dernier lieu à Bâle, Gilliéron s'occupa de la géologie de la Suisse occidentale. Il commença par des travaux sur quelques points de la géologie du Jura, et sur le néocomien du Landeron; mais l'œuvre à laquelle il a consacré plus de vingt ans de travail et d'efforts, c'est la description géologique des Alpes fribourgeoises et d'une partie des Alpes bernoises dans les livraisons XII et XVIII des Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, parues en 1873 et 1885, et la carte géologique de cette région, renfermée sur la feuille XII de l'atlas fédéral au 1:100,000. Gilliéron s'est montré avant tout observateur; ennemi de la théorie sans bases solides, il n'en usait qu'avec une extrême prudence. Dans ses cartes et ses profils, il s'est efforcé de ne représenter que les faits observés. Ses ouvrages sont l'expression de recherches consciencieuses, sans idées préconçues. C'est à lui que l'on doit les premiers travaux complets sur la stratigraphie des Alpes fribourgeoises et surtout des Préalpes.

M. Gilliéron a dépensé ses forces et sa santé au service de la science à laquelle il s'était consacré d'une manière absolument désintéressée, et son départ laisse dans le cœur de ses collègues un profond regret.

## Descriptions, roches, géologie dynamique, etc.

### Descriptions géologiques.

**CARTE DE LA SUISSE.** — M. le D<sup>r</sup> V. GILLIÉRON<sup>1</sup> a résumé les travaux qui ont conduit à l'achèvement de la carte géologique de la Suisse, en vingt-cinq feuilles et à l'échelle de 1/..... L'auteur expose l'origine de ce travail et les diverses phases par lesquelles il a passé. Il relève les imperfections et les défauts nécessairement inhérents à une œuvre à laquelle ont contribué de nombreux géologues qui n'appartenaient pas à la même école et travaillaient suivant des méthodes différentes; quoique la gamme des couleurs et la subdivision en grand des terrains fût la même, il y a entre les feuilles de la carte des divergences parfois sensibles. Pour obvier à ce vice, M. Gilliéron fait une série de propositions qui conduiraient à un résultat plus uniforme pour une nouvelle carte, au 1/....., sur laquelle on pourrait aussi donner une plus large place aux terrains récents; les recherches hydrologiques et d'autres renseignements pratiques devraient y être consignés. La publication de cette carte à un prix modique serait une œuvre réellement utile.

**ALPES.** — Le travail de M. le D<sup>r</sup> C. SCHMIDT<sup>2</sup> sur la

<sup>1</sup> D<sup>r</sup> V. Gilliéron, Note sur l'achèvement de la première carte géologique de la Suisse à grande échelle. *Bull. Soc. belge de géologie*, 1889, III, 111-118.

<sup>2</sup> C. Schmidt, Zur Geologie der Schweizer-Alpen, 1889, 52 p., 1 pl.; l'un de nous a déjà donné un résumé de ce travail. *Archives*, 1889, XXII, 580.

géologie des Alpes suisses, résume les connaissances actuelles sur l'origine, la pétrographie et la structure de l'ensemble de cette chaîne. Il y traite des caractères essentiels des roches, de l'influence et du rôle du métamorphisme, et des confusions qui en résultent et qui compliquent la distinction des roches originellement sédimentaires des terrains primitifs ou même éruptifs. Il décrit ensuite la structure de la chaîne dans ses diverses régions, et la différence entre ses deux versants. Il remarque que le plissement définitif n'a commencé pour les deux régions que vers la fin de la période éocène; le versant nord a cependant subi des bouleversements antérieurement au dépôt des terrains mésozoïques. En définissant les diverses phases qu'a traversée la chaîne des Alpes, l'auteur trouve dans certaines régions de l'Europe, la Bretagne, la Forêt-Noire, les Vosges et les Pyrénées, des termes de comparaison qui permettent de se représenter ce qu'elle était dans les diverses phases de son évolution.

Deux profils transversaux de la chaîne des Alpes ont été étudiés par M. T.-A. BONNEY<sup>1</sup>. L'un d'eux passe de Grenoble à travers le massif de Belle-Donne et les Grandes-Rousses. L'autre suit la ligne de Liens à Kitzbühel dans les Alpes orientales (voir plus loin).

Dans un exposé descriptif, sous forme d'itinéraire, l'auteur suit le premier profil par étapes, allant d'abord de Vizille à Bourg-d'Oisans, en coupant le massif de Belle-donne avec ses micaschistes et gneiss, ses roches granitiques et par places porphyroïdes, auxquelles succèdent

<sup>1</sup> T.-A. Bonney, Note on two traverses of the cristalline rocks of the Alps. *Qual. Journal of. geol. Soc. London*, febr. 1889, 67-111.

de nouveau des gneiss. Entre Bourg-d'Oisans et Briançon, il étudie la structure du massif des Grandes-Rousses, formé de roches cristallines avec interruptions de sédiments carbonifères et jurassiques visibles sur le passage du col du Lautaret. Le passage du mont Genève et du col de Sestrières conduit, à travers une grande épaisseur de sédiments jurassiques et triasiques, à un massif de roches cristallines formé de micaschiste calcaire avec bandes de serpentine.

A la suite de la description des terrains crétacés et tertiaires des montagnes calcaires de la Savoie, M. HOLLANDE<sup>1</sup> a donné une série de profils qui font ressortir clairement la structure de ces chaînes placées au point où le Jura se soude aux Alpes. Les terrains crétacés avec les trois étages bien distincts du néocomien, suivis du crétacé moyen et supérieur, de l'éocène et du miocène, forment les chaînes extérieures dans lesquelles apparaissent aussi des affleurements de Berrias et de jurassique supérieur jusqu'à l'oxfordien. Le dogger et le lias n'apparaissent que dans les chaînes plus intérieures. Cette nouvelle série de coupes complète celles qui ont déjà été décrites (Revue pour 1888 et 1887); elle se rapportent spécialement au massif des Beauges. A côté d'un grand nombre de petits profils de détail, montrant la structure de certains cols, vallons ou sommités et la disposition des couches sur le parcours d'un même pli, l'auteur a construit deux profils transversaux passant par les extrémités nord et sud du massif des Beauges. On reconnaît ici, comme dans toutes les Alpes calcaires du versant nord de la

<sup>1</sup> Hollande, Dislocations des montagnes calcaires, etc. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, III, 143-153, 4 pl.

grande chaîne, le rôle prépondérant des plis qui sont pour la plupart déjetés à l'ouest. Au pied du massif cristallin s'élève, à l'ouest de la vallée de l'Arly, une montagne jurassique et liasique, coupée par deux failles et qui porte la pointe de la Sellive. Plus à l'ouest les synclinaux et les anticlinaux se suivent régulièrement, presque comme dans le Jura, mais avec un déjettement plus prononcé. Les vallées sont creusées sur le parcours des plis synclinaux, quelques-unes cependant sont des anticlinales érodées. Une faille marque le contact avec le miocène de la vallée des Déserts. Ce terrain repose sur le tongrien qui offre ici un grand développement et paraît s'être déposé en partie sur les couches urgoniennes déjà érodées.

L'aquitaniien et le tongrien pénètrent dans deux des vallées du massif des Beaugés, et y reposent dans quelques cas sur le flysch.

M. Hollande termine son travail par un aperçu sur l'évolution des montagnes qu'il vient de décrire. L'absence des terrains silurien, dévonien et du calcaire carbonifère font conclure à une émergence antérieure au terrain houiller ; ce dernier et le trias recouvrent la formation cristallophyllienne en discordance et parfois même, le trias, presque horizontal, repose sur les schistes cristallins en position verticale. L'érosion des terrains primitifs pendant la formation du carbonifère est attestée par les blocs roulés contenus dans le verrucano et les matériaux cristallins des grès houillers. Les hautes Alpes de Savoie renferment toute la série des terrains jurassiques jusqu'au malm, dont l'existence est cependant douteuse. Une émergence a probablement arrêté la sédimentation marine dans la partie centrale jusqu'à l'époque

éocène; la mer de l'éocène moyen et supérieur a pénétré comme un golfe du col de Goléon au Cheval-Noir. Dans la zone subalpine, le soubassement des terrains sédimentaires est aussi formé par le houiller, ce qui démontre l'absence des terrains primaires. Le trias est un facies d'eau peu profonde. Le lias et le dogger coïncident avec un approfondissement lent des eaux, mais un haut fond paraît avoir existé au centre même de la zone subalpine de Savoie; le mouvement descendant se change en mouvement ascendant vers la fin de l'époque jurassique et coïncide avec l'émersion purbeckienne du Jura. Plus tard le crétacé accuse des oscillations successives, qui ont été les mêmes dans la zone subalpine et dans le Jura, sauf pour le crétacé supérieur. Par contre, à l'époque éocène, tandis que la mer a envahi les Alpes en pénétrant jusque dans l'intérieur du massif des Beanges, le Jura a dû être une terre ferme. A l'époque miocène le contraire a eu lieu.

La seconde partie des notions de géologie appliquée à la Haute-Savoie, par M. G. MAILLARD<sup>1</sup> s'étend aussi à la partie voisine de la France. L'auteur esquisse rapidement les allures du Jura savoisien, le chaînon du Vuache, l'îlot disloqué du Salève, celui de la Balme de Sillingy, qui sont tous des voûtes déjetées dans lesquelles un escarpement offre la succession des assises de la montagne, à partir de l'urgonien qui forme la calotte supérieure, jusqu'au jurassique qui apparaît à la base.

La description du plateau des Bornes renferme l'énumération des terrains récents qu'il contient : l'énorme

<sup>1</sup> G. Maillard, Notions de géologie élémentaire appliquées à la Haute-Savoie. *Revue savoisienne*, XXX, 1889. Voir *Revue géol.*, p. 1888, p. 178.

moraine calcaire de la Plaine des rocailles et les affleurements de mollasse qui prouvent que cette dépression entre le Salève et les Alpes est un véritable fond de bateau.

La région alpine de la Savoie, si bien décrite déjà par M. Alph. Favre, a une structure très compliquée. M. Maillard décrit la voûte du mont Semnoz, voûte néocomienne, placée sur la jonction du Jura et des Alpes; puis la vallée des Beauges, comblée de mollasse miocène; la montagne urgonienne d'Entevernes, suivie d'un vallon nummulitique. Sur les bords du lac d'Annecy, le mont de Veyrier, le roc de Cheyre et les dents de Lanfon offrent de l'urgonien, d'abord replié en  $\omega$ , puis en voûte aplatie surbaissée et enfin détaché en lambeaux au-dessus du néocomien dénudé; ces terrains jouent encore le plus grand rôle dans la montagne de la Tournette, dans le vaste plateau du Parmélan, sillonné de lapiés, et dans toutes les chaînes entre la Borne et l'Arve. L'aptien, le gault très fossilifère, et même la craie, surmontent l'urgonien; puis vient l'éocène, qui comble, entre les chaînes de Jalouvre, de Leschaux et de la Pointe-Percée, les plis synclinaux du crétacé. Quant aux massifs liasiques et triasiques des Annes, de la Croix de Châtillon, de Lachat et de la Pointe d'Alme, qui surgissent dans le bassin éocène entre la chaîne de Jalouvre et la Pointe-Percée, M. Maillard les considère, avec raison, comme des *klippes*; ces débris de montagnes existaient déjà au milieu des mers crétacée et éocène et n'ont plus guère subi de bouleversements considérables depuis cette époque.

L'auteur parle aussi du prolongement des mêmes chaînes à l'est de l'Arve et des montagnes plus intérieu-



res, du Buet, du Cheval-Blanc et du Sagerou, formées de terrain jurassique replié et appuyé contre le massif cristallin des Aiguilles-Rouges ; il résume la structure de ce dernier massif et de celui du Mont-Blanc, point central du groupe des Alpes de Savoie et du Piémont.

Revenant aux questions générales, M. Maillard donne un aperçu sur le développement cosmique, orogénique et géologique du globe, dont il applique les conclusions au pays exploré auparavant, et poursuit l'histoire géologique jusqu'à l'apparition de l'homme. Ce travail, accompagné d'une planche, sera utile pour initier les amateurs de géologie à la connaissance du sol et à la manière de l'étudier.

*Alpes centrales. Versant nord.* — M. MARSHALL-HALL<sup>1</sup> a combiné un itinéraire dans les Alpes suisses pour servir de guide à ceux qui voudraient faire une excursion géologique dans une ou deux régions des plus intéressantes de notre pays. Il passe à travers la vallée du Rhône, visite les Dents de Morcles, Vernayaz, Viège, les vallées de Saint-Nicolas et de Saas et les alentours du Mont-Rose, et résume les faits saillants de la géologie de cette région.

Le champ d'excursion du Club alpin suisse comprend pour les années 1888-1889, la région située entre le Rhin antérieur et la vallée du lac de Wallenstadt, soit le groupe du Calanda-Ringelspitz-Graue-Hörner. M. HEIM<sup>2</sup> en a résumé la structure géologique. C'est la région dans laquelle le refoulement latéral des Alpes glaronnaises a

<sup>1</sup> Capt. Marshall-Hall, Swiss geological Excursion. *Geological Magazine*, juin 1889, 252-255, 1 pl.

<sup>2</sup> A. Heim, Einige Worte zur Geologie des Clubgebietes. *Annuaire S. A. C.*, 1888-1889, 247-256, 1 pl.

agi avec le plus d'intensité; les couches se trouvent repliées et froissées de mille manières; les terrains anciens, soulevés à une grande hauteur et renversés, y reposent sur les couches tertiaires. Les Ringelspitz et les Graue Hörner présentent de part et d'autre du Calfseuser Thal une structure analogue. Leur sommet est composé de conglomérats et de schistes du verrucano (sernifite), représentants du terrain carborifère dans les Alpes. Le Lochseitenkalk (calcaire jurassique), se voit très aminci et laminé, en dessous du verrucano, tandis qu'ailleurs il est beaucoup plus épais. Les deux versants du Calfseuser Thal sont formés de flysch et laissent apparaître l'immense masse de ce terrain emprisonnée au milieu du double pli. Ce n'est que près de Vätis que la vallée, après avoir entièrement traversé le tertiaire, entame la série normale des terrains du malm jusqu'au verrucano.

M. Heim confirme la nécessité d'admettre la présence d'une seconde série normale des terrains au-dessus du verrucano renversé qui occupe le centre des deux voûtes couchées. L'ablation des terrains dans cette contrée a dû être de plus de 2000 mètres; ce qui en existe encore n'est qu'une ruine gigantesque. Une planche avec quatre profils explique la remarquable structure de ces montagnes.

L'auteur démontre plus loin la coïncidence entre la dépression du Kunkelspass et de la vallée de Vättis-Pfäfers, avec la vallée de Schams; il conclut de là à l'ancienne continuité de ces deux vallées. Une branche occidentale du Rhin coulait par cette dépression dans la vallée de Wallenstadt, et rejoignait par le Greifensee et la vallée de la Glatt le Rhin actuel. L'érosion latérale venant de l'est par une branche orientale du Rhin, a coupé

les eaux de cette branche principale et les a forcées à prendre un chemin plus long par la vallée du Rhin oriental. La vallée de Kunkel-Pfäfers est ainsi un tronçon de vallée, isolé par suite de l'érosion. La vallée de Churwalden à Lens est un autre exemple d'une vallée qui a été isolée et dont le creusement a été arrêté; elle appartenait au réseau du Rhin oriental.

Les recherches de M. C. DIENER<sup>1</sup>, dans une partie des Grisons, Haute-Engadine, Oberhalbstein, Schams, etc., l'ont conduit à des conclusions différentes de celles de Théobald. Il étudie spécialement la nature des roches de Casanna et les schistes des Grisons, qui occupent dans cette région une place si importante.

La masse principale de ces montagnes se compose de micaschistes gneissiques et de phyllades calcaires, souvent accompagnées de calcaires cristallins et de roches éruptives, gabbro, diorite, serpentine. Ce groupe que M. Diener nomme phyllades calcaires (*Kalkphyllitgruppe*), correspond aux schistes de Casanna et en partie aussi aux schistes des Grisons. Aucun de ces deux terrains ne peut être envisagé comme appartenant à un seul horizon; ce sont des *facies*, qui se retrouvent à des niveaux variés; Théobald a classé les schistes de Casanna en entier dans le lias. Quant aux schistes des Grisons, M. Diener y distingue deux types; les roches du flysch éocène et les phyllades calcaires qui s'en distinguent facilement. Ce dernier groupe surmonte les conglomérats, arkoses, brèches et quartzites réunis par l'auteur sous le nom de verrucano et qui représenteraient le carbonifère et le permien.

<sup>1</sup> Dr Carl Diener, Geologische Studien im südwestlichen Graubünden. *Sitzungber. k. k. Acad. der Wissensch.*, Vienne, 1888, XC VII.

Le trias de cette région commence par des gypses et des marnes calcaires, suivis de cargneules avec conglomérats et brèches; des calcaires en dalles très puissants forment le groupe suivant et supportent le rhétien, caractérisé par ses fossiles. Cette succession rappelle le développement du trias des Alpes autrichiennes et ne se trouve plus à l'ouest du Splügen.

L'auteur décrit encore la disposition transgressive des sédiments mésozoïques sur leur soubassement de terrains plus anciens, observation qui a déjà été faite sur d'autres points.

*Versant sud.* — Les *Eclogæ géologiques* ont publié le programme des excursions de la Société géologique suisse en septembre 1889, dans les Alpes tessinoises. M. le Dr SCHMIDT<sup>1</sup> a résumé les particularités du champ d'excursion, en donnant quelques indications sur la structure de cette partie des Alpes et une planche de profils, ainsi que des notions sur les roches éruptives qui s'y rencontrent. Un tableau des terrains complète cette notice préliminaire.

*Alpes orientales.* — M. A. BÖHM<sup>2</sup> a cherché à établir sur une base scientifique une division des Alpes orientales. Il critique l'ancienne méthode qui prend pour base de classification les dépressions creusées par les cours d'eau; les lignes hydrographiques sont, en effet, rarement en accord avec les accidents de la structure orotectonique d'une chaîne. Il relève la séparation des Alpes en deux arcs d'âge différent séparés par une ligne de démarcation passant du lac de Constance par la vallée du Rhin

<sup>1</sup> *Eclogæ geol. helv.*, 1889, V.

<sup>2</sup> Aug. Böhm, *Eintheilung der Ostalpen. Geogr. Abhandl.*, von Prof. Dr A. Penck, Vienne, 1887.

au Splügen et au lac de Come. Les Alpes orientales offrent une division naturelle en trois zones; une zone centrale de gneiss et deux zones calcaires au nord et au sud, dans lesquelles les dépressions secondaires permettent d'établir dix-huit groupes qui renferment à leur tour des subdivisions plus petites. Cet essai de subdivision orogéologique est un véritable pas vers un classement rationnel de la grande chaîne alpine.

M. BONNEY<sup>1</sup> a décrit une coupe transversale de la chaîne centrale des Alpes du Tyrol, dans la région du Brenner. Il s'occupe surtout de la structure des micaschistes argileux (Thonglimmerschiefer) et des micaschistes quartzeux qui occupent une large zone dans le Tyrol méridional et dans la vallée de la Drave (Pusterthal); il examine aussi le gneiss et les micaschistes de la vallée d'Isel; la partie supérieure de cette vallée offre, près Windisch-Matrei, des micaschistes argileux et calcaires, et plus haut, des schistes chloriteux, de la syénite (?) et du gneiss forment le massif du Gross-Glockner. La coupe passe ensuite par la chaîne au nord de la Salza, le Zillerthal, le passage du Brenner, traversant presque partout des micaschistes argileux. L'auteur donne la série suivante :

1. Micaschistes alumineux (Thonglimmerschiefer), schistes micacés couleur gris-plomb avec plus ou moins de quartz et de calcaire, passant parfois au schiste chloritique.

2. Micaschistes et gneiss ressemblant au groupe lépontin (Saint-Gotthard).

3. Gneiss rubanés, gneiss granitoïdes et granits gneissiques assez semblables aux roches laurentiennes et hébridiennes. Les schistes argileux micacés sont l'analogue des schistes des Grisons et correspondent aussi, dans une certaine mesure, aux schistes lustrés des Alpes occidentales.

<sup>1</sup> T.-A. Bonney, Notes on two traverses, etc., *loc. cit.*

L'auteur complète ses observations par une série de diagnoses microscopiques des roches étudiées et par quelques analyses.

M. SIMONY<sup>1</sup> a publié la première livraison d'un travail sur le groupe du Dachstein (Alpes autrichiennes); c'est une description très complète de ce massif, illustrée de nombreuses planches relatives à la structure géologique et au relief de la surface.

JURA. — M. MARCOU<sup>2</sup> a fait paraître un mémoire sur l'histoire de la géologie du Jura jusqu'en 1870, dans laquelle ce savant commence par signaler la part qu'il a prise lui-même, avec le Dr Germain, au développement de la géologie de cette chaîne. Ces notes historiques font comprendre les difficultés contre lesquelles avaient à lutter les géologues pendant la naissance de cette science dans le Jura; elles font voir aussi la part importante qu'ont eu dans l'étude de ces montagnes les géologues suisses, Thurmann, Gressly, de Montmollin, Nicolet, Mérian, Studer, Alph. Favre, etc., et l'influence des travaux paléontologiques de Thurmann, d'Agassiz, de Desor, etc. On lira avec plaisir les notes biographiques sur ces hommes, qui ont contribué chacun pour leur part à faire connaître cette région. C'est dans ses relations personnelles que M. Marcou a puisé, en partie du moins, ses données; on voit ses amis et collaborateurs travailler avec lui à débrouiller la stratigraphie du Jura; il connaît la spécialité, les capacités de chacun et apprécie leur

<sup>1</sup> Fr. Simony, Das Dachsteingebiet. Ein geographisches Charakterbild aus den österreichischen Nordalpen. 1. Lief. Vienne, 1889. E. Hölzel.

<sup>2</sup> Jules Marcou, Les géologues et la géologie du Jura jusqu'en 1870. *Mém. de la Soc. d'étud. du Jura*, 1889, 80 pages.

valeur et leurs qualités. A voir la vivacité des souvenirs, on oublie qu'ils ont été rédigés au delà de l'Atlantique.

- Une étude sur la zone limitrophe entre la région des chaînes du Jura et le plateau jurassique est due à M. le prof. MÜHLBERG<sup>1</sup>. Les travaux des tunnels du Bötzbberg et du Hauenstein ont fait connaître en partie la structure de cette région remarquable. L'auteur a résumé les publications plus anciennes et a reproduit, à côté de ses propres profils, toutes les anciennes coupes géologiques dues à MM. Gressly, Moesch, Müller, etc.

M. Mühlberg a entrepris cette étude en vue de construire un profil exact du tunnel projeté à travers la Schafmatt, montagne intermédiaire entre le Hauenstein et le Bötzbberg. Cette région est le prolongement de la chaîne du Mont-Terrible, mais sa structure est très différente.

Le Bötzbberg avait été étudié par M. Moesch, mais le percement du tunnel a donné un résultat assez différent de l'étude préliminaire. Il a fait connaître, au pied nord du Linnerberg, un pli synclinal couché du jurassique supérieur renfermant un noyau de miocène, disposition qui correspond à un chevauchement de la chaîne du Jura par-dessus le plateau jurassique. Dans un profil plus étendu, comprenant non seulement le Linnerberg (Bötzbberg), mais encore deux chaînons situés plus au sud, le Kalmegg et la Gisliflüh, M. Mühlberg montre la disposition remarquable des voûtes déjetées et en partie chevauchées, avec plis-failles, anticlinales, etc., dues à la

<sup>1</sup> F. Mühlberg. Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse des Bötzbberg-tunnels, des Hauensteintunnels, des projektirten Schafmatt-tunnels, etc. *Mittheilungen Aarg. naturf. Gesellsch.*, 1889, V, 40 p., 4 pl.

résistance inégale que le refoulement horizontal a rencontrée sur les bords du plateau jurassique.

En discutant le profil du Hauenstein, M. Mühlberg expose les difficultés rencontrées par Gressly et M. Lang dans leurs recherches sur cette chaîne, dont le versant sud a une structure extraordinairement compliquée. Neuf profils de cette chaîne ont été exécutés, soit avant, soit pendant, soit après la construction du tunnel, et cinq sont dus à Gressly, les autres à MM. Lang, Müller, Moesch, etc.; ils diffèrent tous dans la disposition des couches du versant nord, tandis que du côté sud du tunnel, ils sont presque identiques. Le nouveau profil que donne M. Mühlberg a l'avantage de montrer la structure des chaînes voisines du Hauenstein et la disposition des couches dans la profondeur. Il faut admettre ici, comme au Bötzbberg, un pli synclinal couché; mais ce pli a son jambage sud tout à fait étranglé par suite d'un chevauchement, car le trias se trouve superposé au miocène. Cette dernière coupe montre la complication extrême de la structure de cette montagne, causée par la combinaison de plis, de cassures, de failles et de chevauchements. L'énorme épaisseur du groupe du muschelkalk (240 m.) admise par Gressly se trouve réduite, par les recherches de M. Mühlberg, à 72 m. tout au plus (dolomie sup., 25 m., muschelkalk, 35 m., dolomie inf., 12 m.). Reconnaissant sa première estimation exagérée, Gressly avait admis d'abord l'existence de failles successives en gradins, puis des replis doubles et des ondulations, tandis que M. Lang admettait un pli en S couché. Plus tard, M. Moesch supposa sur le versant nord du Hauenstein trois plis couchés, superposés en position presque horizontale. M. le prof. Müller paraît se rapprocher le plus de la vérité en supposant une triple su-



perposition du muschelkalk, par suite de chevauchement. Mais toutes ces hypothèses ne peuvent expliquer la succession du muschelkalk sur plus de 500 m. d'épaisseur entre le sommet et l'entrée nord du tunnel. Il est certain qu'il ne peut y avoir de replis, puisque nulle part le muschelkalk ne se trouve dans une position renversée. Les six répétitions du même groupe de couches du muschelkalk doivent être attribuées à des chevauchements plis-failles, qui donnent à cette partie de la montagne une structure imbriquée très nette (*Schuppenstruktur*). L'inflexion des couches observée dans le tunnel, au commencement de chaque nouvelle série, indique le pli ou le pli par lequel a débuté chaque chevauchement.

M. Mühlberg a voué encore une attention spéciale à l'étude des eaux souterraines que la percée du tunnel a rencontrées en grande quantité. Les sources froides viennent de la surface à travers les fissures du muschelkalk, tandis que les dolomies qui recouvrent celui-ci et le Wiesenberg servent de couche étanche. Des sources chaudes venant de la profondeur, en suivant le muschelkalk, venaient précédemment jusqu'au sommet de la montagne à 150 m. au-dessus du tunnel.

On aurait pu s'attendre à trouver, dans le Wiesenberg, une structure analogue à celle du Hauenstein; mais la montagne présente pourtant de notables différences. Tandis que les bancs de muschelkalk sont superposés sur le Hauenstein, à partir du niveau de la vallée, à Ländli (500 m.), au Wiesenberg on ne trouve une structure analogue de plaques imbriquées que vers le sommet de la montagne (1004 m.); bien plus, la chaîne du Hauenstein, qui s'applique comme un contrefort au pied du Wiesenberg, et qui offre plusieurs failles et chevauchements.

ments, manque ici en apparence, et le Wiesenbergl occupe à la fois l'emplacement du Hauenstein et du Hasenhubel. Il faut admettre qu'ici le massif compliqué qui forme, plus à l'ouest, le Hauenstein, a été poussé par-dessus la chaîne du Hasenhubel, suivant le plan de glissement du grand chevauchement qui fait reposer, au nord du Hauenstein, le trias sur le miocène. Cette disposition est encore compliquée de failles et de chevauchements profonds qui font de cette chaîne un vrai labyrinthe, surtout pour ceux qui voudraient tout expliquer par des plissements et retrouver la même succession de plis dans chaque segment de la chaîne.

Le profil étudié le long du parcours présumé du tunnel de la Schafmatt montre une structure semblable à celle du Hauenstein. La moitié nord est formée par un grand chevauchement du muschelkalk, avec les terrains qui le surmontent. La région de la Stellifluh offre une structure imbriquée absolument analogue à celle du Hauenstein, tandis que la voûte qui, dans ce dernier, est simplement bombée au sud-est, est ici écrasée et déjetée au sud.

Quoique la formation sidérolithique indique, par son importance dans le Jura argovien et soleurois, une longue période d'émersion, on constate que les sédiments tertiaires plus récents ont été ployés et disloqués, aussi bien au nord qu'au sud de la chaîne qui borde le plateau jurassien. La dislocation définitive de cette région n'a donc eu lieu qu'après la période miocène.

Pour s'expliquer l'intensité de ces bouleversements, il faut admettre que, pendant la période qui les a précédés et peut-être simultanément avec eux, la région des chaînes du Jura a subi des dénudations considérables, qui ont

enlevé tous les terrains jusqu'au muschelkalk, et que ce terrain a été profondément fissuré et disloqué. Le chevauchement de la chaîne du Mont-Terrible par-dessus la chaîne du Hasenhubel paraît avoir eu lieu simultanément avec le plissement de celle-ci et même avec la formation de la structure imbriquée du conchylien.

Cette recherche nouvelle confirme la justesse des vues de M. le prof. Müller, de Bâle, qui, il y a quarante ans déjà, avait expliqué la structure de ces chaînes par des superpositions plusieurs fois répétées, tandis que d'autres géologues ne voulurent y voir plus tard que des plissements multiples.

FORÊT-NOIRE. — Une description détaillée d'une section de la Forêt-Noire, le Münsterthal, est due à M. Ad. SCHMIDT<sup>1</sup>. L'auteur décrit d'abord l'étendue et le caractère orographique, topographique et hydrographique de cette région, le groupement des massifs, sommités et chaînons. Les roches principales sont le gneiss, avec du porphyre et des filons métallifères. Dans le voisinage, on trouve les couches du culm, du grès bigarré, du muschelkalk, du lias, du dogger en très faible développement, et, vers la plaine du Rhin, du tertiaire, avec des dépôts diluviens. Une bibliographie accompagne ce travail. La première partie traite du terrain primitif, d'abord au point de vue pétrographique; on peut distinguer plusieurs variétés de gneiss, granit, leptinite, amphibolite, roches amphibolitiques, pyroxéniques, felsitiques, etc. L'étude de la structure du gneiss permet de constater des modifications diverses

<sup>1</sup> Dr Adolf Schmidt. Geologie des Münsterthales im badischen Schwarzwalde. *Verhandl. d. naturhist.-medic. Vereins Heidelberg*, 1888, III, 467-617; 1887, IV, 56-227; 1889, IV, 308-414. 1 carte.

expliquant l'origine de cette roche. La description de chaque espèce et chacune des variétés est accompagnée d'une diagnose macroscopique et microscopique. Puis l'auteur décrit la succession de ces roches et spécialement la relation entre le gneiss et le granit; ce dernier traverse le gneiss sous forme de massifs ou filons qui restent limités à l'intérieur des formations anciennes, sans jamais pénétrer dans la couverture sédimentaire.

Dans la seconde partie, l'auteur examine la nature des porphyres, qu'il groupe en porphyres basiques et syénitiques sans quartz et en porphyres acides granitiques et felsitiques. Les porphyres du Münsterthal, qui sont presque exclusivement de ces derniers, se groupent, à leur tour, en trois variétés, soigneusement décrites. Ces roches sont plus récentes que le granit et le gneiss, dont elles renferment des débris. Le porphyre est partiellement même plus récent que le kulm, mais plus ancien que le grès bigarré.

Enfin, la troisième partie de cet important travail est consacrée à l'étude des filons métallifères. Les minéraux et minerais sont fort nombreux, il en est bien peu cependant dont l'exportation offre quelque chance de rendement, ce sont : galène, blende, chalcopryrite, pyrite, marcasite, magnétite, fablerz, pyrargyrite, argentite, argent natif, stibine, plumosite, arsenic natif, réalgar, cérusite, pyromorphite, eusynchite, smithsonite, aurichalcite, calamine, limonite, ocre, quartz, calcédoine, silex corné, spath fluor, barytine, dolomie, calcite, oligiste spéculaire, gypse. L'auteur décrit ces espèces et leurs variétés et ajoute, pour celles qui ont donné lieu à des exportations, l'histoire et l'importance de celles-ci.

---

(A suivre.)

NOUVELLES RECHERCHES  
SUR LES  
FERMENTS DIGESTIFS

PAR

Catherine SCHIPLOFF

---

En terminant mon précédent travail sur les ferments digestifs<sup>1</sup>, je signalais les observations publiées par M. R. Oddi et intitulées *Azione della bile sulla digestione gastrica* (Perugia, 1887), et je me promettais de revenir plus tard sur ce travail.

Les observations faites par M. Oddi sont en effet en contradiction formelle, sur quelques points, avec les idées que j'ai cherché à démontrer dans mon travail, elles nécessitent donc de ma part une étude spéciale ; cette étude fera l'objet du présent travail.

Voici d'abord en quoi consistent les expériences de M. Oddi.

<sup>1</sup> Recherches sur les ferments digestifs. *Archives des sciences phys. et nat.*, t. XXII, 1889, Genève.

Pour étudier l'influence de la bile sur le suc gastrique, l'auteur fait communiquer directement l'estomac avec la vésicule biliaire, et la bile est ainsi déversée entièrement dans l'estomac. C'est sur les chiens qu'il fait ses expériences; ces animaux supportent bien l'opération, mais acquièrent un appétit formidable; même ceux qui avant l'opération mangaient très peu et comme à contre-cœur, deviennent insatiables après l'opération. M. Oddi nourrit ses chiens avec de la viande exclusivement.

Pour s'assurer que la digestion, — la peptonisation, — s'effectue chez ces animaux, il pratique une fistule stomacale et constate alors que le chyme stomacal extrait par la fistule et convenablement traité, montre une couleur violette très intense par la réaction du biuret. M. Oddi en conclut que la pepsine n'a pas perdu son activité, malgré la présence de la bile, et que même les fonctions stomacales sont activées ainsi que le prouverait l'augmentation de l'appétit chez les animaux opérés. Ces expériences me paraissent très intéressantes, mais je ne puis accepter les conclusions de leur auteur.

Un grand nombre d'expérimentateurs ont montré, et M. Oddi cite leurs observations, que la bile arrête l'activité de la pepsine; ce phénomène, pour avoir été diversement expliqué, n'en existe pas moins, et je crois du reste avoir démontré par mes expériences qu'en dehors même des effets mécaniques de la bile sur le suc gastrique, effets de précipitation, etc., etc., la bile exerce encore une action propre sur la pepsine dont elle annule le pouvoir peptonisant.

Qui donc a raison? Et comment expliquer la présence de peptones dans l'estomac chez les chiens de M. Oddi?

Je crois pouvoir répondre à cette question.

J'ai prouvé dans mon premier travail sur les ferments digestifs<sup>1</sup>, que les glandes de Brunner donnaient par infusion un liquide possédant les propriétés de la pepsine, avec cette différence, toutefois, que l'action de ce ferment pouvait s'exercer librement en présence de la bile.

Pour faire mes infusions de suc des glandes de Brunner, je me suis servie de la muqueuse du duodenum à partir de l'anneau pylorique; mais le siège de ces glandes est-il exclusivement limité à ces régions?

D'après Grützner, des glandes analogues aux glandes de Brunner tapissent aussi le pylore. Peut-être la muqueuse de l'estomac au voisinage du pylore, en contient-elle aussi? Cette question mérite examen.

Pour la résoudre, c'est au procédé des infusions de ferments qu'il faut s'adresser.

N'ayant pas eu d'estomacs de chiens à ma disposition, c'est sur des estomacs de porcs que j'ai fait mes recherches et c'est de la bile de porc que je me suis servie. On pourra m'objecter, que ce qui est vrai pour le porc ne l'est pas lorsqu'il s'agit du chien; mais on admet en général que les propriétés du suc gastrique sont les mêmes chez des animaux aussi voisins par leur mode d'alimentation que les chiens et les porcs. M. Oddi en conviendra assurément puisqu'il tire de ses recherches sur les chiens, des conclusions sur lesquelles il croit pouvoir établir des conseils applicables dans certains cas pathologiques chez l'homme; du reste les physiologistes qui ont des chiens à leur disposition n'auront qu'à répéter mes observations sur ces animaux, il faudra dans ce cas sacrifier les chiens et faire des infusions avec la muqueuse des différentes régions de

<sup>1</sup> Loc. cit.

leur estomac, car ici l'examen du suc gastrique s'écoulant par la fistule ne peut rien nous apprendre puisque ce suc est le mélange de toutes les sécrétions des glandes de l'estomac.

Je rappellerai ici en quelques mots les propriétés du ferment des glandes de Brunner que j'ai établies dans mon précédent travail.

L'action peptonisante des glandes de Brunner est analogue à celle de la pepsine, et s'exerce exclusivement dans un milieu acide, l'HCl très dilué convient parfaitement.

Mais ce ferment se distingue de la pepsine par les propriétés suivantes :

1° Son action peptonisante s'exerce aussi bien en présence de la bile, à moins que celle-ci ne soit en quantité assez considérable pour empêcher totalement le gonflement de la fibrine par exemple.

2° La présence de l'infusion de salsepareille dans le liquide digestif ne l'empêche pas non plus.

3° Enfin ce ferment n'exerce aucune action destructive sur les autres ferments.

Ces différences nous permettront toujours de distinguer l'action du ferment des glandes de Brunner de celle de la pepsine. Dans un liquide qui les contiendrait tous deux, la persistance de la peptonisation malgré la présence de la bile ou de l'infusion de salsepareille, nous indiquera l'existence du ferment des glandes de Brunner, tandis que l'action destructive du liquide sur les autres ferments solubles nous révélera la présence simultanée de la pepsine dans le liquide.

Afin d'éviter les redites, c'est à mon précédent travail sur les ferments digestifs que je renvoie pour tous les dé-



tails concernant la partie technique de l'expérience<sup>1</sup>.

En commençant ces recherches j'ai d'abord pris des estomacs de porc provenant d'animaux tués en pleine digestion stomacale, c'est en effet un procédé tout indiqué pour obtenir une infusion riche en ferments; je lavai la grande eau la surface de cette muqueuse et, après avoir isolé la partie blanche pylorique de la muqueuse, la partie rouge qui tapisse la grosse extrémité de l'estomac, j'infusai séparément ces deux parties dans un mélange de glycérine et d'eau, acidulé convenablement avec du vinaigre dilué.

Sur 8 estomacs que j'avais ainsi préparés, 5 donnèrent pour la partie pylorique et la partie rouge de la muqueuse des infusions présentant des propriétés distinctes, les autres n'indiquaient que la présence de la pepsine, les autres montraient l'existence du ferment des glandes de Brunner seul; mais les six infusions obtenues avec les 3 autres estomacs présentaient des qualités mixtes, paraissant résulter du mélange, en proportions du reste très inégales, des deux ferments peptonisants dans le même liquide.

Ces faits m'intriguèrent beaucoup.

Je ne pouvais m'expliquer un pareil résultat, en supposant que le lavage à l'eau, auquel j'avais soumis la muqueuse de l'estomac avant d'en faire l'infusion, n'avait pas complètement débarrassé la muqueuse de la couche de mucus mélangé de suc gastrique qui y adhère. Je raclai alors la muqueuse de l'estomac pour la débarrasser complètement de la couche de mucus, et je la lavai beaucoup plus soigneusement avec une grande quan-

<sup>1</sup> Loc. cit.

d'eau; ce procédé me donna des infusions bien plus pures mais non entièrement privées de ferment accessoire; elles avaient en outre l'inconvénient d'être assez faibles, le raclage ayant enlevé une bonne partie de la muqueuse glandulaire.

Il faut croire que la muqueuse stomacale pendant la digestion s'imbibe pour ainsi dire du suc gastrique (mélange des deux ferments), et il est difficile de l'en débarrasser.

Je pensais alors qu'il valait mieux se servir d'estomac provenant d'un animal à jeun; l'estomac étant alors complètement vide, la muqueuse ne sécrète point de suc gastrique, ses glandes sont pour ainsi dire remplies de ferment (ou proferment), mais elles ne l'ont pas encore déversé au dehors, le mélange des deux ferments n'a par conséquent pas pu s'effectuer.

Mes prévisions se sont trouvées justes, et c'est en m'adressant à des animaux à jeun, tués environ 30 heures après leur dernier repas, que j'ai pu obtenir des estomacs fournissant toujours des infusions parfaitement pures de chacun des deux ferments peptonisants. Je me faisais apporter les estomacs aussitôt après la mort de l'animal, intacts et liés aux deux bouts, et je ne me servais que de ceux qui étaient entièrement vides.

J'ai fait mes infusions avec des portions fractionnées de la muqueuse stomacale, en mettant dans chaque infusion une partie bien isolée de la muqueuse que je voulais étudier; cette muqueuse était réduite en fragments extrêmement fins et mélangés avec un liquide composé de 2 vol. d'eau avec 1 vol. de glycérine; le tout était acidulé d'HCl jusqu'à réaction acide faible, mais nette, et digéré au bain-marie à 38° C. pendant 24 heures.

Ces infusions convenablement diluées et acidifiées étaient essayées sur la fibrine et sur les divers ferments solubles, pancréatique, diastatique, etc., etc., en présence ou en l'absence de la bile ou de l'infusion de salsepareille d'après les procédés que j'ai déjà indiqués dans mon précédent travail <sup>1</sup>.

### *Résultats :*

Chez le porc l'estomac contient deux genres de ferments peptiques.

La pepsine est sécrétée exclusivement par les glandes situées dans la partie gris rougeâtre de la muqueuse qui tapisse le milieu et la grosse extrémité de l'estomac.

Outre les glandes qui sécrètent la pepsine, il existe dans la muqueuse de l'estomac une autre espèce de glandes, qui sécrètent un ferment peptonisant, dont l'action est en tous points semblable à celle du ferment sécrété par les glandes de Brunner situées dans le duodenum. Ces glandes sont situées dans la muqueuse blanche, pylorique, de l'estomac, mais elles ne semblent pas y être uniformément distribuées.

Si on fait des infusions avec des bandes annulaires de la muqueuse blanche, prises sur toute la surface de l'estomac, on voit que la richesse en ferment peptonisant diminue à partir de l'anneau pylorique, et les infusions de la muqueuse blanche prise à une distance de 20-25 cent. à partir de l'anneau pylorique vers le milieu de l'estomac, ne donnent qu'un liquide très filant, mais dont l'action peptonisante est excessivement faible.

On peut donc admettre que la répartition des glandes

<sup>1</sup> Loc. cit.

de Brunner (on peut, je crois, donner ce nom aux glandes pyloriques aussi) est la suivante : le duodenum depuis le canal cholédoque, l'anneau pylorique, et la partie blanche pylorique de la muqueuse stomacale sur une zone annulaire de 20 à 25 cent. de largeur.

Le ferment sécrété par les glandes pyloriques possède une action peptonisante analogue à celle de la pepsine et s'effectuant, comme elle, exclusivement dans un milieu acide ; l'acide chlorhydrique très dilué lui est surtout favorable.

Son action semble être moins rapide que celle de la pepsine, si l'on en juge par la comparaison de l'action digestive des deux infusions obtenues en observant les mêmes proportions dans les quantités de muqueuses et de liquides employées. Tandis que 10 cc. de liquide peptique mettent 20-30 minutes pour digérer un flocon de fibrine, un égal volume de l'infusion des glandes de Brunner ou des glandes pyloriques de l'estomac, met une heure et même quelquefois davantage.

Le ferment des glandes pyloriques ne digère pas les autres ferments solubles ; son action peptonisante s'exerce aussi bien en présence de la bile ou de l'infusion de sal-separeille ; ces propriétés le distinguent de la pepsine et montrent son analogie parfaite avec le ferment des glandes de Brunner.

Un mélange de pepsine et de liquide des glandes pyloriques donne un suc gastrique à propriétés mixtes. Ce suc opère la destruction des ferments solubles, mais cette action cesse dès qu'on y ajoute de la bile, car elle est due à la pepsine ; en revanche, la digestion de la fibrine n'est pas annulée par la présence de la bile, elle est seulement retardée. En effet, au lieu de l'action digestive combinée de la pepsine et du ferment des glandes de Brunner, ac-

tion digestive très rapide sur la fibrine, nous n'avons dans notre mélange qui contient la bile, que l'action ferment des glandes de Brunner seule, laquelle est évidemment assez lente.

Le suc gastrique que M. Oddi recueillait sur ses chiens présentait bien la réaction du biuret, et montrait l'existence d'une certaine peptonisation, mais rien ne prouve que la digestion stomacale s'effectuait en normalement et complètement chez ses chiens, et que la peptonisation des matières animales ingérées fût effectuée dans l'estomac avec une vigueur suffisante pour permettre à l'animal de se nourrir convenablement. L'animal insatiable dont ces animaux souffraient après l'opération prouverait, tout au contraire, que la nutrition s'effectuait incomplètement, et qu'un grand excédent de nourriture était indispensable pour maintenir les animaux en bonne santé, et suppléer ainsi à l'insuffisance de la fonction digestive gastrique, laquelle était réduite à l'action effective du ferment des glandes pyloriques.

Il est bon de remarquer que M. Oddi nourrissait ses chiens de viande exclusivement, ils ne pouvaient pas se rattraper sur la graisse ou les féculents pour faire la faim qui les tourmentait, et l'insuffisance de la digestion gastrique peptonisante devait se faire sentir chez eux avec d'autant plus de force.

En somme, les expériences de M. Oddi prouvent évidemment que la présence constante de la bile dans l'estomac est bien supportée par les chiens, il suffit d'augmenter leur ration de nourriture; mais elles ne prouvent rien de plus que la digestion gastrique s'effectue normalement chez les animaux ainsi opérés.

Genève, février 1890.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## ASTRONOMIE

G.-V. SCHIAPARELLI. SULLA ROTAZIONE DI MERCURIO..... SUR LA ROTATION DE MERCURE. (*Astron. Nachrichten*, n° 2944, vol. 123, p. 241.)

M. Schiaparelli a commencé l'étude assidue de la planète Mercure en 1882 et la plupart de ses observations et de ses dessins datent de cette année-là et de la suivante. Il n'en a publié les résultats qu'en 1889, parce qu'il voulait vérifier, au moyen de son nouveau réfracteur de 18 pouces d'ouverture, ce qu'il avait observé avec son ancienne lunette de 8 pouces.

Sur presque tous les points M. Schiaparelli modifie les idées que l'on s'était formées sur l'apparence et le mouvement de rotation de Mercure, d'après les observations de Schröter et de Harding au commencement de ce siècle.

Schröter avait trouvé une durée de la rotation sidérale de Mercure de 24 h. 1 m. Une observation assidue des taches de la planète, pendant plusieurs jours consécutifs et à des intervalles quelconques dans une même journée, a permis à M. Schiaparelli d'établir que ces taches conservent des positions presque identiques. Elles ne se déplacent que très lentement et le mouvement de rotation de la planète est égal au temps d'une révolution sidérale, soit 88 jours. Mercure se comporte par rapport au soleil comme la lune par rapport à la terre et certains satellites de Jupiter et de Saturne par rapport à la planète autour de laquelle ils circulent.

La rotation est uniforme; c'est la conclusion à laquelle arrive M. Schiaparelli par une discussion très serrée des positions de certaines taches dans un grand nombre de ses

dessins. Or l'orbite de Mercure est fortement excentrique, le mouvement de translation s'effectue avec une vitesse variable, il en résulte une libration en longitude plus forte que pour la lune. Dans le cours d'une révolution, les  $\frac{2}{3}$  de la planète sont éclairés par le soleil, et  $\frac{2}{3}$  seulement sont constamment privés de ses rayons.

L'axe de rotation est à peu de chose près perpendiculaire au plan de l'orbite. M. Schiaparelli ne donne pas la valeur exacte de l'inclinaison de l'équateur de la planète sur l'orbite, mais cette inclinaison doit, d'après lui, être inférieure à  $10^\circ$ . Schroeter avait attribué à cette inclinaison une valeur beaucoup plus forte.

Les taches de Mercure ont l'apparence de stries légères de couleur rouge brun se distinguant mal du fond rose clair de la planète. Elles sont stables, quant à leur forme et à leur position, mais leur intensité est variable. Elles disparaissent vers les bords de la planète et quelquefois aussi semblent voilées vers le centre du disque. M. Schiaparelli a aussi observé des taches blanches, principalement sur les bords; il les attribue à des condensations dans l'atmosphère de Mercure qu'il suppose être d'une densité notable et d'une transparence imparfaite. Il a aussi observé des taches assez brillantes dans le voisinage du pôle boréal de la planète. Il en résulte le phénomène déjà remarqué par Schroeter que, dans le croissant de Mercure, la corne boréale est sensiblement plus brillante que la corne australe. Ce n'est cependant pas toujours le cas et M. Schiaparelli n'a jamais observé que la corne australe fût tronquée, comme le croyait Schroeter.

Comme la planète Mercure s'éloigne peu du soleil, il est préférable de l'observer de jour, quand le soleil est sur l'horizon. Elle est plus difficile à voir en été; en hiver, les conditions sont meilleures et l'observation possible à toutes les heures de la journée. On peut suivre la planète durant toute sa révolution synodique, sauf pendant un mois vers la conjonction inférieure et pendant quelques jours vers la conjonction supérieure. M. Schiaparelli a pu réunir 150 dessins de la planète dans un nombre égal de jours d'observation. Ces dessins, exécutés dans des conditions atmosphériques variables, n'ont pas tous la même valeur et, chose curieuse, le

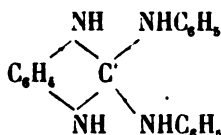
savant directeur de l'observatoire de Milan cite, parmi les meilleurs, des dessins faits lorsque la planète, très proche de sa conjonction supérieure n'était qu'à 3° du soleil et ne présentait qu'un diamètre de 4" à 5".

R. G.

## CHIMIE

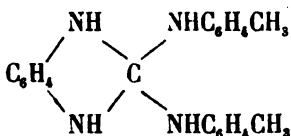
IRA MOORE. PRODUITS DE CONDENSATION DES CARBODIAMIDES AROMATIQUES AVEC LES ORTHODIAMINES. (*Berichte*, XXII, p. 1635, Zurich.)

L'auteur a préparé la diphenylamidométhylène-o-phénylènediamine, produit de condensation d'une molécule d'o-phénylènediamine avec une molécule de carbodiphénylimide, elle a probablement pour formule



aiguilles fusibles vers 159°-160°, dont différents sels ont été préparés.

La condensation à molécules égales de l'o-phénylènediamine avec la carbodi-p-tolylimide fournit la di-p-tolylamidométhylène-o-phénylènediamine

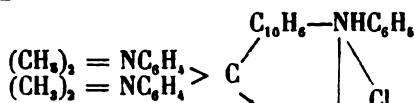


M. NATHANSOHN et P. MÜLLER. DÉRIVÉS ET RÉACTIONS DE LA TÉTRAMÉTHYLDIAMIDOBENZOPHÉNONE. (*Berichte*, XXII, 1875, Zurich.)

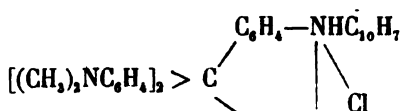
Ces chimistes ont préparé un grand nombre de dérivés de la tétraméthyldiamidobenzophénone qu'ils décrivent; ils ont reconnu que le bleu Victoria B. s'obtient par l'action de ce



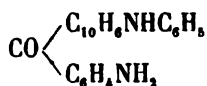
corps sur l' $\alpha$  phénylnaphtylamine et a probablement pour constitution



ou



dont la base colorante  $\text{C}_{33}\text{H}_{33}\text{N}_3\text{O}$  est rouge-brique fusible à  $95^\circ$ ; ils en ont préparé plusieurs sels. Le bleu Victoria IV R a pour formule  $\text{C}_{34}\text{H}_{34}\text{N}_3\text{Cl}$  et s'obtient par l'action de la méthylphényl- $\alpha$ -naphtylamine sur la tétraméthyldiamidobenzophénone; sa base colorante  $\text{C}_{34}\text{H}_{34}\text{N}_3\text{O}$  est aussi rouge-brique, et fond à  $77^\circ$ . Ils ont recherché quelle était la constitution de ces matières colorantes sans y être arrivés complètement; l'acide chlorhydrique à  $230^\circ$ - $250^\circ$  donne avec le bleu B. de la diméthylaniline, du chlorméthyle, des résines et la cétone  $\text{C}_{23}\text{H}_{19}\text{N}_2\text{O}$  qui a probablement comme constitution



cette cétone est stable. Le bleu IV R distillé avec la chaux sodée ou avec le zinc en poudre donne de la diméthylaniline et de la phényl- $\alpha$ -naphtylamine.

E. SCHULZE. SUCRE DE CANNE DANS LES GERMES DE PLANTES ÉTIOLÉES. (*Berichte d. d. bot. Ges.* 7, p. 280, Zurich.)

L'auteur a réussi, au moyen de l'hydrate de strontiane, à isoler du sucre de canne, des germes étiolés du *lupinus luteus*; ce sucre se forme pendant la germination, car les graines n'en renferment pas, de même pour l'amidon qui se trouve aussi dans les germes; au fur et à mesure que le sucre, l'amidon, le glucose, etc., se forment, disparaissent aussi dans les graines les substances non azotées.

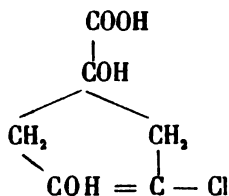
R. NIETZKI et FRIEDRICH SCHMIDT. DIOXYQUINONE ET DÉRIVÉS<sup>1</sup>.  
(*Berichte*, XXII, 1653, Bâle.)

La dioxiquinone est préparée maintenant par l'action réductrice du chlorure d'étain sur la diazobenzolrésorcine symétrique, puis on ajoute de l'alcool et de l'acide sulfurique, on purifie en préparant le sel de soude ou de potasse.

La dianilidoquinone  $C_{12}H_8O_2(NHC_6H_5)_2$ , obtenue en dissolvant la quinone dans l'aniline est identique avec le produit de la quinone sur l'aniline; la diamydohydroquinone  $C_{12}H_{10}(OH)_2(NH_2)_2$  par la dioxyme et  $S_nCl_2 + HCl$ ; celle-ci nitrée donne la nitrodiimidohydroquinone qui, réduite fournit la triamidohydroquinone: si au contraire on la traite par la potasse diluée on obtient la nitrodioxyquinone, identique avec celle obtenue par la nitrodiimidorésorcine; elle forme des aiguilles jaune d'or; réduite par  $S_nCl_2 + HCl$ , on obtient le chlorhydrate de l'amidotétraoxybenzol dont les auteurs ont préparé le dérivé pentacétylé  $C_{25}H(NHCH_3H_2O)(OC_2H_5O)_5$ , aiguilles fusibles à  $242^\circ$ .

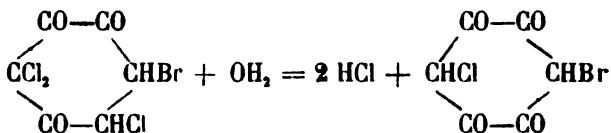
A. HANTZSCH. TRANSFORMATION DE DÉRIVÉS DU PENTAMÉTHYLÈNE EN DÉRIVÉS DU BENZOL, DE LA PYRIDINE ET DU THIOPHÈNE.  
(*Berichte*, XXII, 2827, Zurich.)

Les transformations que Hantzsch a observées ne sont que partielles. Les dérivés du pentaméthylène se forment par l'action du chlore en solution alcaline sur le phénol. L'acide qui se forme  $C_6H_3Cl_2O_4$  ou

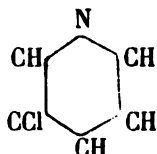


<sup>1</sup> *Archives*, XXI, 68.

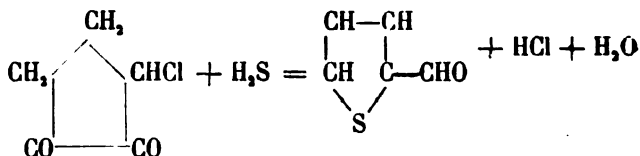
brômé, fournit le bromtrichlorotricéthohexaméthylène qui est de nouveau un dérivé du benzol et celui-ci traité par le carbonate de soude perd 2 mol. d'acide chlorhydrique et on obtient l'acide chlorbromeanisique



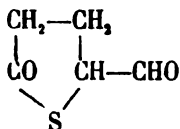
Si on traite par l'acétate d'ammoniaque l'orthodicétone pentaméthylène  $\text{C}_5\text{H}_8\text{ClO}_2$ , ce corps perd 2 mol. d'eau et se transforme en un dérivé de la pyridine



Ce même corps traité par l'hydrogène sulfuré perd de l'eau et de l'acide chlorhydrique et se transforme en thiophène aldéhyde  $\text{C}_4\text{H}_4\text{SCHO}$



Il se forme probablement intermédiairement l'aldéhyde d'un thioacide



qui se transforme intramoléculairement.

# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

## SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

*Séance du 18 décembre 1889.*

F.-A. Forel. Couleur des lacs. Études sur les mirages. — Guinand. Sur l'incision annulaire des ceps de vigne. — Forel. Recommandations en vue de l'étude systématique de la flore du rivage du Léman.

M. F.-A. FOREL a étudié en septembre 1889 la couleur et la transparence des eaux des grands lacs de l'Insubrie et du lac des Quatre-Cantons. Il les caractérise en donnant la profondeur limite de visibilité et le numéro de la gamme, dont le 0 est le bleu pur et le 100 le jaune pur.

	Limite de visibilité.	Couleur, n° de la gamme.
Verbano . . . . .	6 m.	20-27
Lario . . . . .	6	20-27
Ceresio. . . . .	3	35
Quatre-Cantons. . . . .	4,5	14-20
Léman . . . . .	7	9

Le vert remarquablement vif du lac de Lugano (Ceresio) est dû à la présence de myriades de flocons d'une algue pélagique qui altère la transparence et la rend de moitié plus faible que celle des lacs voisins, Lario et Verbano.

On attribue généralement une différence de teinte aux

deux extrémités du lac Majeur (Verbano), qui serait bleu au sud et vert au nord. Le 4 septembre, la couleur glauque était la même sur toute l'étendue du lac.

M. FOREL indique un procédé pratique d'apprécier, sans instruments, l'intensité des mirages qui accompagnent les réfractions d'eau chaude (mirages d'hiver des lacs). Il cherche le rapport entre la hauteur  $h'$  de la tangente réfractée d'un point de distance connue à la surface de l'eau et la hauteur  $h$  de la tangente non réfractée de ce même point.

Pour la hauteur  $h'$ , il choisit un point saillant d'une côte peu éloignée, et il cherche, en élevant son œil au-dessus du lac, la hauteur à laquelle ce point arrive à l'horizon apparent. C'est la limite entre les hauteurs inférieures, où l'œil voit encore le mirage et les hauteurs supérieures où l'objet considéré est dominé par la ligne de l'horizon. Un calcul très simple donne la hauteur  $h$ , à laquelle la même tangente aurait passé, en l'absence de toute réfraction.

Voici quelques observations qui expriment ainsi l'intensité des mirages :

	Date.	Point visé.	Distance.	Température de l'air.	Température de l'eau.
I	14 déc.	Pointe du Boiron ...	1600 m.	+1,5°	+5,6°
II	16 —	" ...	"	+2,0	+5,4
III	— —	Pointe de la Venoge.	2100	"	"
IV	17 —	"	"	0,0	5,2
V	— —	Pointe du Boiron...	1600	"	"

Dans ces conditions, les hauteurs  $h$  et  $h'$  de la tangente et le rapport  $\frac{h'}{h}$  sont les suivants :

	$h$ .	$h'$ .	$\frac{h'}{h}$ .
I	0,20 m.	2,5 m.	12,5
II	0,20	1,9	9,5
III	0,35	2,3	6,5
IV	0,35	3,0	8,6
V	0,20	2,4	12,0

M. Forel signale la rapidité étonnante avec laquelle l'air

prend la stratification thermique qui cause les mirages d'hiver. Le 2 décembre, par une bise d'intensité moyenne, marchant à raison de 6 à 8 mètres par seconde, il a vu des mirages apparaître sur la pointe de la Venoge, vue du fond du golfe de Morges (entre les Roseaux et la Tuilerie de Préverenges), alors que l'air chassé par le vent du nord, de la terre ferme sur le lac, avait parcouru sur l'eau un chemin mesurant au plus 140 mètres, 100 mètres et même 40 mètres. Avec la vitesse de la bise, la durée du séjour de l'air sur le lac n'avait été que de 8 à 20 secondes. La terre ferme était couverte de neige, et l'air, dont la température était  $-1,3^{\circ}$ , ne pouvait avoir originairement de stratification thermique ; c'est seulement au contact avec l'eau chaude du lac qu'il a pu acquérir la stratification d'ordre inverse qui causait les mirages. C'est en quelques secondes que s'est accompli le phénomène.

M. GUINAND rend compte de l'expérience qu'il a faite de l'*incision annulaire de la vigne*.

Ce procédé, fort ancien, puisqu'il a été déjà recommandé par Pline, est employé de nouveau. On pouvait voir à l'Exposition de Paris des photographies et des rapports à son sujet.

Voici en quoi il consiste : au moment de la floraison de la vigne, on pratique au rameau portant les fruits une incision qui lui enlève l'écorce, tout le tour, sur une longueur de 2 à 3 millimètres.

Il semblerait, à première vue, que cette opération lui serait fort nuisible et ferait dépérir la partie de la branche au-dessus de l'incision. Il n'en est rien, au contraire, cette partie progresse et prospère davantage, les raisins, abondamment nourris, ne coulent pas, ils grossissent rapidement, mûrissent plus vite et sont plus sucrés. Ils acquièrent environ 30 % de plus de sucre.

Voici l'explication que M. Guinand donne de ce phénomène :

La sève, puisée dans le sol par les racines, monte par capillarité à l'intérieur du bois, jusque dans les feuilles. Celles-ci

remplissent pour les plantes un rôle analogue à celui des poumons pour les animaux, quoique le phénomène produit soit chimiquement très différent. La sève se perfectionne dans les feuilles au contact de l'air et y prend ses qualités nutritives, puis elle redescend par l'écorce, ou entre l'écorce et le bois, et produit l'accroissement de toute la plante, même des racines. Si, dans cette descente, on l'arrête au passage par une incision de l'écorce, elle s'accumule dans la partie supérieure à celle-ci, qu'elle développe vigoureusement. Par contre, la partie inférieure à l'incision cesse de s'accroître jusqu'à ce que la plaie soit cicatrisée et se soit recouverte de nouveau d'écorce. Ce phénomène est très visible, et c'est curieux de voir un sarment beaucoup plus gros en haut qu'en bas.

L'incision annulaire est applicable surtout avec le système de culture à taille longue, dans lequel on laisse une partie plus ou moins longue du sarment de l'année précédente, pour y développer plusieurs boutons à fruits. On peut faire l'incision sur le bois de l'année précédente dès qu'il est bien en sève. On choisit alors le moment le plus favorable correspondant à l'époque la plus critique de la vigne, celle de la floraison. On a le temps nécessaire devant soi. En outre, dans ce système de culture, on ménage pour l'année suivante un sarment ne portant pas de raisins, qu'on n'incise pas. Celui-ci laissera passer sa sève pour la nutrition de la plante et ses boutons se développeront normalement pour produire des fruits l'année suivante.

Dans la méthode à taille courte usitée chez nous, on est obligé de faire l'incision sur les jeunes sarments; or, à la fleur, leur bois et leur écorce sont à peine formés, on est obligé d'attendre davantage, et le moment le plus important est déjà passé. En outre, il ne conviendrait pas d'inciser tous les sarments. Il faudrait ménager ceux qui serviront à la taille de l'année suivante, afin de ne pas faire souffrir leurs boutons par manque de sève. Cela ralentit encore l'ouvrage de faire ce choix.

L'incision que M. Guinand a fait pratiquer vers le milieu de juillet, sur les sarments de l'année, a néanmoins eu un résultat considérable sur la grosseur et la précocité des rai-

sins et aurait son application surtout pour la production de raisins de table, soit de primeurs.

M. FOREL recommande aux botanistes l'étude systématique de la flore du rivage du Léman.

Le *ripage* est la bande de terrain émergé, qui est lavé par les eaux du lac. Il se divise en deux zones :

La *grève émergée*, la plus élevée, n'est atteinte que par les vagues des tempêtes; elle échappe à l'inondation des hautes eaux; le sol est formé de sable et de cailloux; l'eau n'y arrive que par capillarité, de bas en haut, par les vagues et par l'air. Sa flore est une flore des sables dans le voisinage des eaux.

La *grève inondable* est envahie par les hautes eaux; elle est à sec par les basses eaux. Sa flore est capable de résister successivement à la sécheresse prolongée et à l'inondation prolongée dans le lac.

### *Séance du 8 janvier 1890.*

F.-A. Forel. Origine des lacs. — Jean Dufour. Analyse de l'ouvrage de M. Victor Fayod

M. F.-A. FOREL commence une étude *sur l'origine du lac Léman*. Il admet quatre types généraux de lacs.

1<sup>o</sup> *Lacs orographiques*, lacs de vallées synclinales, anticlinales, isoclines, lacs d'affaissement ou d'effondrement.

2<sup>o</sup> *Lacs d'érosion*, dus à l'érosion des vents. L'auteur n'accepte pas l'érosion fluviale, ni l'érosion glaciaire comme capables de creuser un bassin de lac sans l'intervention d'un barrage.

3<sup>o</sup> *Lacs de barrage simple*.

4<sup>o</sup> *Lacs mixtes*, dus au barrage d'une vallée orographique ou d'une vallée d'érosion.

Parmi les causes de barrage, M. Forel s'attache surtout à l'action de l'alluvion torrentielle versée sur le cours d'une vallée principale, ou à l'alluvion d'un fleuve barrant une val-



lée latérale. Il trouve ces cas représentés dans la plupart des grands lacs de la région subalpine (Randsee, Rüttimeyer), où un torrent se jette à courte distance au-dessous de l'origine de l'émissaire : Lac de Wallenstadt (Linth), lac de Zurich (Zihl), lac des Quatre-Cantons (Emme), lac de Brienz (Lütschine), lac de Thoune (Kander), lac Léman (Arve), lac d'Annecy (Fier) et dans ceux où l'alluvion d'un fleuve semble avoir barré directement ou indirectement des vallées latérales : Lac du Bourget (Rhône), lac de Biemme (Aar), et peut-être encore, avec des modifications locales, les lacs de l'Insubrie, barrés en partie par les alluvions du Pô. Un tel barrage ne suffit pas à lui seul à expliquer la formation des bassins profonds de tous les lacs en question; mais il a probablement décidé, dans plusieurs cas, l'arrêt des lacs au point où l'émissaire s'en échappe actuellement.

Cette étude sera continuée dans une autre séance.

M. Jean Dufour parle d'un travail publié récemment par un de nos compatriotes, M. Victor Fayod, de Bex, actuellement à Nervi (près de Gênes). C'est le *Prodrome d'une Monographie de la famille des Agaricinées*, ou champignons à lamelles. Cette publication, couronnée par l'Académie des sciences, a essentiellement un caractère synthétique et philogénétique. L'auteur ne cherche pas à créer un grand nombre de nouvelles espèces, mais au contraire à en réduire le nombre et à déterminer les affinités naturelles des différents groupes et genres qui constituent la famille des Agaricinées. La classification nouvelle est basée sur des recherches anatomiques et non pas seulement sur l'étude des formes extérieures des champignons.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1890

---

- Le 2, très forte gelée blanche le matin.  
3, très forte gelée blanche le matin.  
4, gelée blanche le matin ; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.  
5, brouillard pendant tout le jour.  
6, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; forte bise depuis 10 h. du soir.  
7, forte bise jusqu'à 10 h. du matin ; brouillard jusqu'à 7 h. du matin ; légère neige de 1 h. 30 à 4 h. du soir.  
8, assez forte bise à 7 h. du soir.  
9, forte bise à 7 h. du soir ; lumière zodiacale.  
10, très forte gelée blanche le matin ; brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin.  
12, neige dans la nuit et dans la journée ; hauteur 13<sup>m</sup>6.  
13, neige dans la nuit et dans la journée ; hauteur : 10<sup>m</sup>6.  
14, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.  
15, brouillard enveloppant jusqu'à 8 h. du matin, puis neige et pluie.  
18, brouillard pendant tout le jour.  
19 et 20, brouillard pendant tout le jour.  
21, brouillard enveloppant jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.  
22, brouillard enveloppant jusqu'à 1 h. du soir.  
23, brouillard pendant tout le jour.  
24, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.  
25, brouillard jusqu'à 7 h. du soir ; forte bise de 1 h. à 7 h. du soir.  
27, forte gelée blanche le matin ; forte bise depuis 10 h. du matin.  
28, très forte bise depuis 10 h. du matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	<sup>mm</sup>		
Le 3 à 8 h. matin . . . . .	733,43	Le 6 à 6 h. matin . . . . .	7
8 à 11 h. matin . . . . .	731,77	9 à 5 h. matin . . . . .	7
10 à 9 h. matin . . . . .	732,91	12 à 2 h. soir . . . . .	7
14 à 11 h. matin . . . . .	729,27	15 à 2 h. soir . . . . .	7
19 à 10 h. matin . . . . .	734,00	20 à 5 h. soir . . . . .	7
24 à 11 h. matin . . . . .	734,67	25 à 10 h. soir . . . . .	7
26 à 4 h. matin . . . . .	725,90	28 à 3 h. soir . . . . .	7

N <sup>o</sup>	Hauteur moy. de 94 h. millim.	Écart avec la hauteur normale millim.	Minim. observé au barogr. millim.	Maxim. observé au barogr. millim.	Moyenne des 94 heures °	Écart avec la temp. normale °	Minim. °	Maxim. °	Moy. des 94 h. °	Écart précip. précip. norm. mm.	Minim. mm.	Maxim. mm.	Eau tomb. d. les 94 h. mm.	dominant.	Midi. +	Écart avec la temp. normale °	Anémomètre m/s.
1	734.30	+ 3.85	729.43	738.22	- 3.74	- 3.49	5.0	- 1.0	699	- 146	570	770	...	NE.	4.7	- 0.1	143.8
2	734.91	+ 4.50	734.01	733.17	- 4.08	- 4.59	9.2	1.3	776	- 67	680	920	...	calme	4.7	...	144.0
3	732.13	+ 4.77	730.40	733.43	- 2.67	- 3.25	7.7	0.9	754	- 88	610	850	...	NNE.	5.0	+ 0.2	143.2
4	728.12	+ 0.81	726.80	730.35	- 4.10	- 4.75	7.0	1.5	781	- 59	710	880	...	variable	4.6	- 0.2	142.0
5	726.35	- 0.91	725.60	727.36	- 2.28	- 3.00	4.9	0.0	803	- 36	740	900	...	calme	4.6	- 0.2	143.5
6	725.99	- 1.22	725.47	727.42	- 2.01	- 2.81	3.2	0.2	767	- 70	680	830	...	E.	4.6	- 0.2	142.5
7	727.99	+ 0.83	726.89	730.25	- 1.44	- 2.31	3.9	0.2	779	- 56	710	810	0.3	NNE.	4.6	- 0.2	140.9
8	730.61	+ 3.50	728.64	731.77	- 1.19	- 2.14	2.5	0.0	796	- 38	680	900	...	NNE.	4.4	- 0.5	140.0
9	729.45	+ 2.40	727.99	731.55	- 0.77	- 1.80	2.7	0.0	766	- 66	680	880	...	NNE.	4.5	...	139.2
10	731.53	+ 4.53	730.36	732.91	- 1.35	- 2.46	6.0	2.4	738	- 92	570	900	...	NNE.	4.5	- 0.4	137.8
11	728.58	+ 1.64	725.36	730.80	- 2.01	- 3.21	4.0	0.2	757	- 71	650	850	...	NNE.	4.4	- 0.5	140.5
12	723.03	- 3.85	722.35	724.92	- 2.08	- 3.36	4.1	0.3	813	- 43	720	880	6.7	N.	4.5	- 0.4	140.0
13	724.52	- 2.30	722.74	727.77	- 0.97	- 2.34	3.2	1.2	868	- 34	780	890	8.2	SW.	4.5	- 0.4	139.7
14	728.08	+ 1.32	726.60	729.27	- 1.47	- 2.01	0.9	3.9	866	- 44	810	920	...	SW.	4.7	- 0.3	139.0
15	724.92	- 1.78	724.17	726.59	- 0.55	- 1.05	1.0	2.1	897	- 77	810	930	11.8	calme	4.7	- 0.3	138.8
16	726.25	- 0.39	725.52	727.09	- 2.69	- 4.00	0.8	5.3	814	- 62	730	910	...	N.	...	...	138.6
17	727.44	- 0.86	726.34	728.89	- 2.49	- 0.75	0.7	5.8	754	- 4	630	830	...	N.	5.3	+ 0.3	134.5
18	731.28	+ 4.76	729.01	733.16	- 0.26	- 2.09	3.2	1.3	820	- 6	740	860	...	E.	5.5	+ 0.5	134.0
19	733.40	+ 6.64	731.98	734.00	- 0.27	- 1.66	0.5	1.1	785	- 27	740	840	...	NNE.	5.1	0.0	136.4
20	729.69	+ 3.30	728.34	731.85	- 0.41	- 2.44	4.5	1.9	801	- 9	700	850	...	NNE.	5.0	- 0.1	136.0
21	729.28	+ 2.95	728.68	729.86	- 0.99	- 3.12	3.3	2.3	845	- 38	780	900	...	variable	4.9	- 0.2	135.0
22	730.70	+ 4.43	729.84	731.81	- 0.31	- 1.92	4.8	3.8	824	- 19	590	900	...	calme	4.8	- 0.4	134.2
23	732.85	+ 6.65	731.93	733.71	- 0.07	- 2.26	2.7	1.3	809	- 6	730	880	...	NNE.	...	...	135.0
24	733.63	+ 7.49	732.42	734.67	- 0.47	- 1.97	0.5	2.0	752	- 48	670	810	...	NNE.	4.5	...	135.0
25	726.93	+ 0.85	723.68	732.01	- 0.41	- 2.95	4.8	0.7	754	- 44	650	890	...	NNE.	4.5	- 0.7	132.1
26	725.00	+ 1.01	724.30	725.90	- 0.08	- 2.57	3.8	0.7	696	- 100	500	830	...	E.	4.0	- 0.8	132.7
27	724.33	- 1.62	723.42	725.03	- 0.07	- 2.83	5.7	3.0	666	- 127	550	900	...	NNE.	3.8	- 1.3	136.0
28	724.12	- 1.77	723.18	724.60	- 2.53	- 3.40	5.1	0.2	624	- 167	570	740	...	NNE.	3.8	- 1.6	134.5
Mois 728.53 + 1.69														0.78 4.63		- 0.33	138.26
778 - 41														- 0.84 - 2.44		- 41	

## MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.
<b>Baromètre.</b>							
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 729.66	<sup>mm</sup> 729.54	<sup>mm</sup> 729.71	<sup>mm</sup> 729.93	<sup>mm</sup> 729.33	<sup>mm</sup> 728.92	<sup>mm</sup> 729.3
2 <sup>e</sup> »	727.90	727.54	727.79	727.98	727.59	727.28	727.5
3 <sup>e</sup> »	728.73	728.65	728.67	728.70	728.12	727.68	728.1
Mois	728.76	728.57	728.73	728.88	728.36	727.98	728.3

<b>Température.</b>							
1 <sup>re</sup> décade	<sup>°</sup> -2.91	<sup>°</sup> -3.89	<sup>°</sup> -4.05	<sup>°</sup> -2.31	<sup>°</sup> -0.82	<sup>°</sup> -0.14	<sup>°</sup> -1.6
2 <sup>e</sup> »	-0.59	-0.65	-0.82	+0.43	+1.47	+1.45	+0.44
3 <sup>e</sup> »	-1.25	-1.56	-1.12	-0.24	+0.94	+1.34	0.00
Mois	-1.61	-2.07	-2.06	-0.74	+0.50	+0.86	-0.42

<b>Fraction de saturation en millèmes.</b>							
1 <sup>re</sup> décade	804	836	851	761	705	698	726
2 <sup>e</sup> »	848	859	861	796	752	772	804
3 <sup>e</sup> »	805	826	785	728	655	676	754
Mois	820	841	836	764	707	718	762

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.
1 <sup>re</sup> décade	<sup>°</sup> -5.11	<sup>°</sup> +0.35	<sup>°</sup> +4.62	0.62	<sup>mm</sup> 0.3
2 <sup>e</sup> »	-1.83	+2.27	+4.86	0.94	26.7
3 <sup>e</sup> »	-3.08	+2.09	+4.36	0.79	—
Mois	-3.36	+1.53	+4.63	0.78	27.0

Dans ce mois l'air a été calme 31,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 20,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 29° 9', l'intensité est égale à 62,3 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1890.

- 6<sup>e</sup> 1<sup>re</sup>, fort vent à 10 h. du matin.
- 7, fort vent depuis 1 h. du soir; légère neige l'après-midi.
- 8, brouillard depuis 10 h. du soir.
- 9, brouillard par un fort vent jusqu'à 7 h. du matin.
- 11, brouillard depuis 1 h. du soir.
- 12, légère neige à 7 h. du matin; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
- 13, fort vent jusqu'à 7 h. du matin; légère neige à 10 h. du matin.
- 14, fort vent depuis 10 h. du soir.
- 15, légère neige à 1 h. et à 4 h. du soir; brouillard par un fort vent depuis 7 h. du soir.
- 16, fort vent à 7 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
- 21, fort vent depuis 10 h. du soir.
- 25, fort vent depuis 10 h. du matin; légère neige à 1 h. et à 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
- 26, fort vent jusqu'à 10 h. du matin.
- 27, brouillard à 4 h. du soir.
- 28, forte bise pendant tout le jour.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 1 h. matin .....	564,45	Le 6 à 7 h. matin .....	557,92
10 à midi .....	563,96	12 à 8 h. matin .....	555,54
14 à 11 h. matin .....	561,90	15 à 4 h. soir .....	559,34
19 à 2 h. matin .....	567,80	21 à 2 h. soir ..	563,00
24 à 10 h. matin .....	565,63	25 à 4 h. soir .....	557,14
26 à 10 h. matin .....	561,20	28 à 4 h. soir .....	551,35

---

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum observé au barographe	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	"	"	millim.	"		
1	561.71	+ 1.96	559.95	563.40	-14.31	-5.24	.....	-9.0	SW.	0.02
2	563.40	+ 2.98	562.95	564.06	-9.31	-0.25	.....	-4.2	variable	0.00
3	563.78	+ 3.40	563.08	564.45	-9.41	-0.36	.....	-5.0	SW.	0.00
4	560.89	-0.55	559.60	562.90	-10.59	-1.55	.....	-6.7	SW.	0.02
5	558.75	-1.53	558.35	559.60	-9.56	-0.53	.....	-6.3	SW.	0.00
6	558.39	-1.88	557.92	559.02	-8.07	+0.95	.....	-4.8	SW.	0.13
7	560.08	-0.15	559.06	562.92	-10.49	-1.48	.....	-6.2	SW.	0.78
8	562.11	+ 1.91	560.57	563.62	-9.94	-0.95	.....	-6.7	NE.	0.28
9	561.62	+ 1.45	560.20	563.65	-12.67	-3.70	.....	-6.8	variable	0.18
10	563.53	+ 3.39	562.92	563.96	-7.66	+ 1.29	.....	-2.8	NE.	0.00
11	560.19	+ 0.09	557.52	562.80	-10.56	-1.63	.....	-4.6	SW.	0.67
12	556.27	-3.80	555.54	557.28	-17.59	-8.68	.....	-14.0	SW.	0.88
13	557.57	-2.47	556.18	560.93	-11.71	-2.83	.....	-5.6	SW.	0.57
14	561.60	+ 1.59	561.08	561.90	-10.57	-1.72	.....	-6.5	SW.	0.00
15	560.01	+ 0.03	559.34	561.20	-9.87	-1.05	.....	-6.5	SW.	0.83
16	560.66	+ 0.71	559.65	562.40	-10.74	-1.95	.....	-5.0	SW.	0.42
17	563.25	+ 3.33	562.40	564.98	-7.72	+ 4.04	.....	-3.5	SW.	0.20
18	566.19	+ 6.30	564.92	567.54	-6.82	+ 1.91	.....	-3.4	SW.	0.12
19	567.19	+ 7.32	566.72	567.80	-5.82	+ 2.87	.....	-4.8	SW.	0.12
20	564.53	+ 4.68	563.86	566.45	-4.52	+ 4.13	.....	+ 1.9	NE.	0.12
21	563.32	+ 3.49	563.00	563.91	-6.71	+ 1.90	.....	-3.3	SW.	0.03
22	563.45	+ 3.64	563.05	564.20	-8.07	+ 0.50	.....	-4.3	NE.	0.00
23	564.50	+ 4.71	563.75	565.35	-9.01	+ 0.48	.....	-5.9	SW.	0.33
24	565.00	+ 5.23	563.95	565.63	-8.76	-0.27	.....	-3.8	variable	0.28
25	559.16	-0.59	557.14	563.80	-12.99	-4.55	.....	-10.0	SW.	0.73
26	560.17	+ 0.44	558.75	561.20	-9.57	-1.18	.....	-6.5	SW.	0.30
27	556.83	-2.88	555.12	559.85	-11.46	-3.12	.....	-8.5	NE.	0.40
28	552.71	-6.99	551.35	555.00	-20.24	-11.95	.....	-17.6	NE.	0.52
Mois.	561.32	+ 1.08			-10.17	-1.56				0.28



## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	561,58	561,42	561,25	561,39	561,20	561,22	561,60	561,74
2 <sup>e</sup> » ...	562,04	561,61	561,51	561,69	561,56	561,64	561,80	562,14
3 <sup>e</sup> » ...	561,62	561,03	560,64	560,73	560,29	560,15	560,35	560,33
Mois .....	561,75	561,38	561,17	561,31	561,07	561,06	561,31	561,48

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	-11,71	-9,20	-7,87	-8,13	-10,50	-10,85
2 <sup>e</sup> » ...	-10,32	-7,97	-7,03	-8,08	-10,31	-10,91
3 <sup>e</sup> » ...	-11,35	-9,64	-7,87	-9,23	-11,75	-12,32
Mois .....	-11,11	-8,88	-7,57	-8,42	-10,79	-11,29

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
				mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	-13,15	-5,85	0,14	—	—
2 <sup>e</sup> » ...	-12,93	-4,80	0,39	—	—
3 <sup>e</sup> » ...	-13,90	-7,49	0,31	—	—
Mois .....	-13,29	-5,94	0,28	—	—

Dans ce mois, l'air a été calme 0,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,41 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 49,4 sur 100.

# REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1889

PAR

MM. Ernest FAVRE & Hans SCHARDT.

(Suite.)

---

## Roches et minéraux.

Les études de M. DE FELLEMBERG<sup>1</sup> ont démontré que le granit de Gasteren est un vrai granit massif qui se distingue nettement des granits gneissiques ou protogines du centre du massif de l'Aar. Ce granit est divisé en bancs avec fissures transversales qui le partagent en parallépipèdes; il forme une zone assez étendue qui commence d'abord dans la partie supérieure de la vallée de Gasteren, entre le pied du Doldenhorn et le Lötschenpass, et qui se prolonge à l'Est en dessous des terrains sédimentaires (Verrucano) du Lötschengrat. Les caractères minéralogiques sont partout les mêmes, mais il y a deux variétés de même structure et de couleur différente; l'une, de teinte verdâtre, contient du feldspath orthose blanc et du plagioclase gris verdâtre; la seconde, qui est rose, ne s'en distingue que par le plagioclase coloré par l'oxyde de fer.

M. de Fellenberg s'est encore occupé de la détermination exacte d'une roche souvent citée sous le nom d'eurite, de felsite, etc., qui se trouve en filons dans l'inté-

<sup>1</sup> E. de Fellenberg, Granit et porphyre de Gasteren. *C. R. Soc. Adv. sc. nat. Lugano*. 1889. *Archives sc. phys. et nat.*, 1889, XXII, p. 472.

rieur du granit de Gasteren, ou qui le recouvre en forme de nappe. Cette roche prend souvent la texture d'une vraie granulite ou d'un granit à gros grain; elle passe aussi à un porphyre absolument massif à pâte homogène et avec cristaux de mica. L'examen microscopique permet de qualifier certaines variétés comme de *vrais porphyres*, d'autres sont plutôt des *granophyres*. L'un et l'autre affectent la même disposition par rapport au granit.

Une étude d'une série de roches provenant pour la plupart de la vallée de Saas, a été publiée par M. MARSHALL HALL<sup>1</sup>. Il en décrit 24 échantillons étudiés au microscope. Ce sont des saussurites et smaragdites (1-3, 11, 16, 23), schiste glaucophanique (4), gabbro (5, 17, 18), smaragdite (6, 10), serpentine (12), roche semblable à de l'avanturine (15), euphotide (24).

D'après l'étude de M. C. RAMMELSBERG<sup>2</sup>, le minéral du Piz Longhin (vallée de Bregaglia), décrit par M. E. de Fellenberg et déterminé avec doute, par lui, sous le nom de jadéite, ne serait autre chose que de la vésuviane, soit de l'idocrase (voir *Revue géol.*, 1888, 218). La proportion de l'acide silicique (40 %) prouve *à priori* que ce minéral n'est pas une jadéite; une analyse plus détaillée la rapporte à l'idocrase. Poids spécifique 3,323; il donne dans la flamme du chalumeau un verre transparent; il perd par calcination un peu plus de 2 %, et devient jaunâtre et opaque.

M. A.-B. MEYER<sup>3</sup> a aussi publié une analyse de ce

<sup>1</sup> Marshall Hall, On rocks from the Saas-thal and Geneva. *Proceedings of Geologists' Assoc.*, 1889. XI, 4, 1—9.

<sup>2</sup> C. Rammelsberg. Ueber Vesuvian vom Piz Longhin. *N. Jahrb. f. Min. und Geol.*, 1889, I, 3, p. 229—230.

<sup>3</sup> A.-B. Meyer, Der sog. Jadeit vom Piz Longhin; *N. Jahrb. f. Mineral. und Geol.*, 1889. I, 3, p. 270.

minéral et conclut, comme M. Rammelsberg, qu'il n'est pas une jadéite, mais bien une idocrase compacte. Poids spécifique 3,33. Nous donnons plus loin les diverses analyses de ce minéral.

Une note plus complète sur la prétendue jadéite du Piz Longhin est due à M. KILLIAS<sup>1</sup> qui expose d'abord l'origine de la découverte, les recherches de M. de Fellenberg et ses doutes sur la vraie nature de ce minéral; il rappelle qu'en 1887, A. Damour à Paris avait déjà exprimé la pensée que ce minéral était plutôt de la vésuviane. M. Killias en avait également trouvé deux échantillons parmi des pierres collectionnées par un aiguiser de Schuls. Frappé de leur aspect, il les communiqua à M. Gumbel qui en fixa la densité à 3,33; dureté 6,5. Les coupes minces démontrèrent la double réfraction, et la présence d'impuretés, quartz et poussières de magnétite. Il déclara que le minéral était de l'idocrase (vésuviane), ce qui concorde avec une analyse faite par le Dr F. BERWERTH<sup>2</sup> (voir plus loin). D'après l'examen microscopique, la roche, très compacte, a par places une texture finement cristalline, due à un mélange intime de l'idocrase avec un pyroxène de la série des diopsides. Les nuances varient entre le vert très vif et une teinte vert grisâtre suivant la prédominance de ces deux minéraux. Tous ces caractères montrent qu'on a affaire à une véritable idocrase et nullement à de la jadéite ou de la néphrite. Les diverses analyses sont du reste si concordantes, qu'il n'y a pas de doute possible; nous les donnons ici en regard les unes des autres :

<sup>1</sup> Killias, Der Vesuvian vom Piz Longhin. *Jahresbericht der Naturf. Gesellsch. Graubündens*, 1887-88, p. 64-75.

<sup>2</sup> *Annalen der k.k. Naturk. Museums Vienne*, II, 3, 1887.

	Gümbel.	Rammelsberg.	A.-B. Meyer.	Borwerth.	A. Schupp <sup>1</sup> .
Acide silicique....	39,82	39	38,36	40,98	41,34
Alumine.....	16,98	16,40	21,65	14,07	7,53
Oxyde de fer.....	1,31	3,03	2,08	2,07	} 5,28
Protoxyde de fer..	1,09	3,03	—	3 ?	
Oxyde de calcium..	36,34	34,83	33,76	33,83	43,17
Magnésie.....	2,97	4,80	2,43	4,67	2,04
Potasse.....	—	—	—	0,12	—
Soude.....	—	—	—	0,72	—
Eau.....	2,01	2,18	1,25	2,34	0,64
	100,47	100,24	99,53	98,80	100,00

M. A. LEUZE<sup>2</sup> a étudié les diverses variétés du spath calcaire des schistes grisons (Bündner Schiefer), particulièrement ceux de Churwalden, au point de vue de leurs formes cristallines et du groupement des cristaux.

Le même auteur<sup>3</sup> a décrit les minéraux et les pseudomorphoses découverts au Rosenegg (Höhgau). La région du Höhgau est connue d'ancienne date pour les gisements de minéraux contenus dans des géodes des roches volcaniques qui constituent les cônes de volcans éteints. (Voir Revue pour 1886 et 1887.) Ce sont les tufs phonolithiques qui en ont fourni les plus remarquables.

Le Rosenegg (altitude 550 m.) est la plus méridionale des collines volcaniques du Höhgau. Le tuf est de couleur grise ou verdâtre, à pâte assez homogène, et recouvre des dépôts miocènes; il est d'âge miocène récent. L'auteur pense que la formation de ces tufs doit

<sup>1</sup> Laboratoire de chimie de Coire.

<sup>2</sup> Leuze, Kalkspäthe aus den Bündner Schiefer insbesondere von Churwalden. *Ber. XXI Versamml. d. Oberrhein. geol. Ver.*, 1886, 6 p.

<sup>3</sup> Alfred Leuze, Mineralien und Pseudomorphosen des Roseneggs. Inaugural Dissertation. *Jahresb. des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg*, 1889.

avoir eu lieu pendant le dépôt de la mollassse, et que celle-ci aurait été traversée par l'éruption de masses venant de la profondeur, qui auraient entraîné des débris de sédiments miocènes.

Les minéraux décrits proviennent de deux gisements situés, l'un au S.-E., l'autre au sud. M. Leuze fait une étude détaillée des minéraux de ce gisement, des pseudomorphoses et périmorphoses qu'il a observés, et de l'origine de ces modifications.

Les minéraux primitifs des pseudomorphoses lui paraissent provenir de la profondeur, soit des sédiments miocènes, soit de niveaux plus anciens, d'où ils auraient été arrachés pendant l'éruption pour être ensuite remplacés par des substances nouvelles.

Les minéraux que l'on rencontre dans les géodes du grès bigarré de Waldshut (Bade) font l'objet d'une étude de M. GRÆFF<sup>1</sup>. Ce sont : de la calcédoine cornaline; du quartz, dont les cristaux offrent plusieurs particularités; il est rarement incolore, mais ordinairement opaque, laiteux, rarement couleur chair ou améthyste; la calcite, très fréquente; ses cristaux varient d'une grandeur presque microscopique à celle de plusieurs centimètres; elle est ordinairement laiteuse ou jaunâtre, et couverte d'un enduit d'ankérite; de la barytine, avec plusieurs variétés de cristaux; de la fluorite; de la dolomie cristallisée; de la galène et de la pyrite (marcasite et chalcopyrite).

Contrairement à l'opinion émise récemment par un certain nombre de géologues qui contestent l'origine souterraine du terrain sidérolithique, en l'attribuant à la

<sup>1</sup> F.-F. Græff. Die Mineralien der Drusenräume in dem Buntsandstein von Waldshut. *Zeitschr. für Krystallographie, etc.*, Leipzig, XV, 4, 1889, 12 p.

lévigation des roches calcaires par les eaux météoriques, M. DE GROSSOUVRE<sup>1</sup> démontre, par l'étude qu'il a faite des dépôts de minerais de fer du centre de la France, que les minerais pisiformes, les argiles, les argilites (bolus), les sables, etc., qui constituent le terrain sidérolithique, sont le produit de sources minérales et thermales. Il résume ses arguments comme suit :

1. La *structure du minerai* en grains à couches concentriques ne peut être expliquée que par une précipitation chimique au milieu d'eaux agitées.

2. Le *métamorphisme de contact* des dépôts sidérolithiques est souvent très manifeste et indique l'action d'eaux thermales.

3. La présence du *silicate de protoxyde de fer* et celle de la *silice hydratée* et de la *silice soluble* est incompatible avec la lévigation par les eaux atmosphériques.

4. L'importance des amas de fer sidérolithique devrait être proportionnelle au volume de calcaire disparu pendant la lévigation. Il n'en est pas ainsi; les dépôts sidérolithiques existent aussi bien aux endroits où les calcaires jurassiques et crétacés n'ont pas subi d'ablation que dans les régions où une érosion en a diminué l'étendue.

5. Dans certains gisements, il existe, à la base du dépôt, des amas de *carbonate de protoxyde de fer*, minéral qui ne peut se former que dans des sources carbonatées.

6. Les argiles, imprégnées de silice, du sidérolithique et les sables, en partie du moins, sont assez analogues aux dépôts qui se forment dans les vasques de beaucoup de sources minérales; ce sont des matériaux que les eaux ont enlevés aux roches traversées.

L'auteur attribue une origine analogue aux arkoses sidérolithiques, dont la présence n'a pas encore été constatée en Suisse; leurs grains de quartz, leur tourmaline et les traces de rutile, contenus dans une pâte argileuse,

<sup>1</sup> A. de Grossouvre, Observations sur l'origine du terrain sidérolithique. *Bull. Soc. géol. de France*, 1888, xvj, 287-298.

proviendraient du passage d'une boue argileuse à travers un terrain probablement granulitique. Les dépôts triasiques et permien sont riches en roches de couleur rouge, rappelant le sidérolithique. L'auteur a recherché dans quelle mesure cette analogie de structure autorise à croire à une analogie d'origine et conclut, d'après bon nombre d'indices, que des phénomènes analogues aux éjections sidérolithiques se sont produits aux époques indiquées.

**GÉOLOGIE TECHNIQUE.** Après avoir rappelé les superstitions qui, depuis des siècles, ont dirigé les populations dans la recherche des métaux précieux, M. C. WALKMEISTER<sup>1</sup> donne une description historique des travaux miniers et métallurgiques entrepris dans les Alpes glaronnaises et grisonnes. Ces entreprises n'ont laissé que peu de traces, les usines et les hauts-fourneaux ont disparu, et l'on n'en trouve plus que les ruines; on peut attribuer en partie à leur existence la destruction des forêts dans ces vallées. L'auteur a visité une à une ces anciennes usines et ces exploitations dont il raconte les origines et la décadence finale.

M. DUPARC<sup>2</sup> a fait, en collaboration avec M. RADIAN, l'étude d'un certain nombre de schistes ardoisiers provenant des exploitations d'Outre-Rhône, de Salvan, de Sembrancher, d'Iserable et de Servoz. Les trois premiers gisements appartiennent au carbonifère :

*Outre-Rhône.* Le schiste est grisâtre, homogène, riche en élé-

<sup>1</sup> Chr. Walkmeister, Aus der Geschichte des Bergbaues aus den Kantonen Glarus und Graubünden. *Bericht der naturw. Gesellschaft. St. Gallen*, 1887-88. 268-317.

<sup>2</sup> Duparc et J. Radian, Composition de quelques schistes ardoisiers. *C. R. Soc. helv. sc. nat.* Lugano, 1889. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889. XXII, 279 et 462. *Id.*, 1890, XXIII, 166-177.



ments clastiques, peu fusible, exempt de carbonates, avec peu de pyrite. 61 % de  $\text{SiO}_2$ ; densité 2,75.

*Salvan*. I. Grenu, rude au toucher, dur, couleur claire (peu de carbone), infusible; 60-69 % de  $\text{SiO}_2$ ; densité 2,8-2,9.

II. Grain fin, doux au toucher, couleur noire, fusible. Analogue au schiste d'Outre-Rhône. 60,7 %  $\text{SiO}_2$ .

*Sembrancher*. Couleur foncée, tout à fait semblable au schiste d'Outre-Rhône. 59 %  $\text{SiO}_2$ ; densité 2,77.

*Iserable*. Couleur plus noire que Sembrancher, éclat soyeux, grain homogène. 60 %  $\text{SiO}_2$ ; densité 2,8.

*Servoz*. Couleur noire très foncée, schistosité parfaite, pâte fine, homogène, toucher graphitique. 50 %  $\text{SiO}_2$ ; densité 2,75.

Tous ces schistes sont exempts de carbonates comme la plupart de ceux de l'époque carbonifère; ce n'est pas le cas des schistes d'âge plus récent, comme le montrent les deux analyses suivantes que nous extrayons d'un tableau que donne M. Duparc :

Schiste liasique de *Morsine* (Savoie). 35 %  $\text{SiO}_2$ , 39 %  $\text{Ca CO}_3$ .

Schiste ardoisier d'*Elm*. Éocène. 44,5 %  $\text{SiO}_2$ , 23,8 %  $\text{Ca CO}_3$ .

Il est frappant que la proportion d'argile (silicates) soit la même que celle des schistes sans carbonates.

Une publication sur le même sujet est due à M. le prof. H. BRUNNER<sup>1</sup>; elle traite plus spécialement de l'examen des ardoises au point de vue de leur qualité et valeur technique. Vingt échantillons de provenance suisse et étrangère ont été examinés; quatorze séries d'essais sur les propriétés physiques et chimiques des ardoises, ont été faites par M. H. Schardt au laboratoire de l'Académie de Lausanne. Il résulte de cette étude que la qualité des ardoises dépend de la proportion

<sup>1</sup> Prof. H. Brunner, Ueber die Werthbestimmungen der Dachschiefer. *Schweiz. Wochens. f. Pharmacie*, 1889. N° 10.

du carbonate de chaux, du carbonate de magnésie et de la pyrite qu'elles renferment. La résistance aux agents atmosphériques dépend soit de la porosité, indiquée par la rapidité de la pénétration de l'eau, soit de la proportion du carbonate de chaux que l'acide carbonique et l'eau ne tardent pas à attaquer. En faisant agir de l'acide sulfureux gazeux en présence d'eau, on obtient, par la décomposition plus ou moins rapide des échantillons, une indication assez exacte de leur degré de résistance aux agents atmosphériques. La rapidité de la décomposition opérée par l'acide sulfureux est ordinairement proportionnelle à la quantité du carbonate de chaux. Les meilleures ardoises sont celles du cambrien de Fumay (Ardenne) et d'Angers, reconnaissables à leur teinte violacée ou rose et tachées de vert, à leur dureté et à l'absence presque totale de  $\text{Ca CO}_3$ ; leur résistance à l'action de  $\text{SO}_2$  est presque indéfinie. Il en est de même des ardoises gris foncé du carbonifère de Salvan, d'Outre-Rhône, etc., qui sont cependant plus tendres et doivent être débitées en plaques plus épaisses. Les ardoises carbonifères de Sembrancher et de Sion sont médiocres, leur teneur en carbonate de chaux varie de 2-5 %; un échantillon qui en a 16 % doit être qualifié de mauvais. Sont encore mauvaises la plupart des ardoises liasiques et jurassiques qui contiennent jusqu'à 25 % de  $\text{Ca CO}_3$ . Quant aux ardoises éocènes, leur décomposition au contact de l'acide sulfureux est complète au bout d'un à deux jours; elles contiennent 20-25 % de  $\text{Ca CO}_3$ . La présence de la pyrite est peu favorable, mais moins nuisible que celle de la chaux.

M. DUPARC<sup>1</sup> a fait une série d'analyses des calcaires

<sup>1</sup> C. R. Soc. phys. et hist. nat. Genève. Archives, 1889, XXI, 558.

portlandiens du Jura bernois, il en a déterminé la proportion de carbonate de chaux, de magnésie et de matière argileuse, ainsi que la densité. Celle-ci varie entre 2,65-2,78.

Géologie dynamique, dislocations, érosion, etc.

**DIACLASES.** — MM. DUPARC et LE ROYER<sup>1</sup> ont fait des expériences sur la formation des diaclases produites par torsion. C'est à M. Daubrée que revient le mérite d'avoir démontré, par des expériences semblables, l'origine de la régularité des cassures terrestres, leur parallélisme et leur entre-croisement suivant deux systèmes conjugués, d'où naissent les réseaux de fractures. L'appareil qui a servi à ces nouvelles recherches ne diffère de celui de M. Daubrée que par sa disposition entre les deux poutres d'un tour, permettant de maintenir immobile l'axe de torsion. Une série d'expériences sur des plaques de verre de formes et d'épaisseur diverses, à surface lisse, cannelée ou sculptée et sur des plaques en terre cuite ont conduit ces savants aux conclusions suivantes :

1. Les systèmes conjugués de cassures, constatés par M. Daubrée, sont un fait constant. Dans le verre, les fissures principales s'entrecoupant à 80-90°, sont accompagnées de cassures en éventail ou disposées en barbe de plume sur les systèmes principaux.
2. La forme des plaques, ainsi que le mode de torsion, ne semblent pas modifier le résultat final.
3. L'épaisseur des plaques augmente le nombre des fissures, mais diminue la régularité. La cassure en éventail et les petites fêlures augmentent avec l'épaisseur.

<sup>1</sup> Duparc et Le Royer, Contributions à l'étude expérimentale des diaclases produites par torsion. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889, XXI, 404. 1889, XXII, 297-313, 1 pl.

4. La nature du milieu n'influence pas le caractère du phénomène; le nombre des fissures semble augmenter avec l'élasticité.
5. Les surfaces en relief ne modifient en aucune façon ni l'orientation ni la direction des fissures.

**SOULÈVEMENT DES ALPES.** — L'étude de M. SCHMIDT<sup>1</sup> résume l'histoire de l'origine des Alpes. Il y décrit la physionomie de cette grande chaîne aux diverses époques et la différence entre les deux versants.

La première émergence des Alpes est, ou contemporaine du carbonifère, ou postérieure à ce terrain et attestée par les roches détritiques du verrucano et du permien déposées dans les cuvettes entre les massifs cristallins. Une dislocation considérable a dénivélé les roches carbonifères et a produit un effet métamorphisant sur celles-ci et les roches sous-jacentes. Le trias et les terrains mésozoïques plus récents se sont déposés sur des sédiments déjà dénivelés; de là leur discordance très visible. Les terres émergées à cette époque et même plus tard, pendant les périodes jurassique et crétacée, devaient avoir l'aspect de plateaux sans accidents saillants.

La grande dislocation des Alpes a commencé à la fin de l'époque éocène et s'est continuée pendant la période miocène. A ce moment le bord nord des Alpes était couvert de plus de 1000 mètres de sédiments éocènes. Le maximum de l'intensité de la dislocation a précédé la fin de la période miocène et a donné à la chaîne sa configuration définitive, son individualité, en créant en même temps le Jura comme rameau secondaire. La région sud fut soulevée, et, en dehors du Jura et des Alpes, la région environnante subit au contraire un affaissement général;

<sup>1</sup> Zur Geologie der schweizer Alpen... *loc. cit.*

les massifs anciens, le plateau central de France, les Vosges, la Forêt-Noire, entourés de terrains sédimentaires récents, persistent seuls et déterminent par leur présence la courbure dans la direction de la chaîne.

En récapitulant l'histoire si compliquée de la chaîne alpine, M. Schmidt a pris dans d'autres régions des exemples qui peuvent nous donner l'aspect de l'état de cette chaîne dans les diverses phases de sa dislocation.

La Bretagne actuelle offre, par la superposition des terrains jurassiques à des terrains plissés de l'époque carbonifère, une image assez fidèle de ce qu'était le bord nord des Alpes de l'époque carbonifère jusqu'à celle du lias.

La Forêt-Noire, avec les Vosges et le Plateau central de France sont restés stationnaires dès la fin de l'époque mésozoïque et n'ont subi dès lors que l'influence de la dénudation. Partout où la couverture mésozoïque n'a pas été enlevée, nous nous trouvons en présence d'un état analogue à celui qu'offraient les Alpes septentrionales de la Suisse avant leur dernier plissement.

Le plissement des Pyrénées, qui font partie du système alpin, a eu lieu en même temps que celui des Alpes, mais il se termina plus tôt ; les derniers terrains entraînés dans le mouvement sont d'âge éocène ; le miocène est resté horizontal sur le bord de la chaîne. Les Pyrénées offrent donc l'état des Alpes suisses avant la dislocation des dépôts miocènes.

LAMBEAUX DE RECOUVREMENT. — M. Marcel BERTRAND <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Marcel Bertrand, Plis couchés de la région de Draguignan. *Bull. Soc. géol. France*, 1889, XVII, 234-246, 8 fig.

a fait, aux environs de Draguignan, sur les bords du bassin crétacé de Salernes, de nouvelles recherches sur les plis couchés provençaux. Sur une largeur de 3 kilomètres au moins et sur une longueur de 30 kilomètres, une bande de jurassique sous la forme d'un pli couché et étiré a été rejetée sur les couches de Rognac (crétacé supérieur). La superposition des couches, normale en apparence, semble presque s'opposer à l'admission d'un pareil déplacement. La succession des couches est régulière et lors même que les terrains qui bordent le bassin ne sont pas partout les mêmes, il n'y a pas eu de discordances ou de transgressions entre le crétacé et le jurassique; ce sont des mouvements postérieurs au dépôt crétacé qui ont disloqué le sol et produit les contacts extraordinaires. L'hypothèse de failles doit être écartée pour expliquer le contact et la superposition du jurassique et de l'infralias au crétacé. Des interruptions dans la nappe de recouvrement montrent en dessous de celle-ci le crétacé. On peut même, sur un point, suivre l'extrémité du pli synclinal couché du crétacé qui se termine entre les couches jurassiques sous-jacentes et les terrains de recouvrement. Tandis que les couches de la base sont repliées plusieurs fois, ces derniers, y compris l'infralias, se superposent horizontalement avec une faible bande de crétacé à leur base.

Mais cela n'est pas le cas partout. Des dérangements sans importance, il est vrai, troublent par places la régularité de cette nappe de recouvrement; ce sont des contournements en forme de C qui apparaissent au milieu du lambeau horizontal. Sur d'autres points, on croit voir, dans les couches ainsi recourbées, l'extrémité du pli couché. On peut constater là la différence d'épaisseur

des couches dans la branche supérieure et des couches amincies du lambeau horizontal; cette différence est l'effet de l'écrasement, de la lamination des couches par le mouvement de chevauchement.

M. Bertrand compare ce pli au double pli glaronnais: il constate qu'on ne peut affirmer avec certitude, dans aucun de ces cas, si le pli est double ou simple, c'est-à-dire si les lambeaux bordant le nord du bassin ne sont pas aussi venus du sud et appartiennent au même pli couché. Il conclut que le glissement s'est fait ordinairement sur la surface de couches restées à peu près horizontales, mais il a pu aussi se faire sur la tranche de couches déjà plissées. La série de recouvrement est ordinairement horizontale, sauf là où il y a eu un tassement postérieur. Elle peut cependant présenter des froissements et des plissements secondaires qui, comme au Glärnisch, produisent des superpositions multiples des couches les unes sur les autres. A la base de la masse de recouvrement, les couches s'amincissent et disparaissent progressivement à mesure qu'on s'éloigne du noyau vertical du pli couché, mais elles semblent reparaitre symétriquement à l'autre extrémité. L'examen de ces disparitions de couches n'indique pas dans quel sens s'est fait le mouvement de glissement.

Les petites Pyrénées de l'Aude, nommées aussi Corbières, présentent, sur plusieurs points, d'après les recherches de M. CAREZ<sup>1</sup>, des dispositions analogues aux lambeaux de recouvrement décrits avec tant de précision par M. Bertrand. Ce phénomène n'est donc pas unique-

<sup>1</sup> L. Carez, Sur l'existence de phénomènes de recouvrement dans les Pyrénées de l'Aude. *C. R. Acad. d. Sc.*, Paris, 1889, 3 juin, 4 p.

ment lié aux zones de dislocation alpine. Il s'agit ici de lambeaux d'urgonien ayant glissé par-dessus le sénonien.

M. H. SCHARDT<sup>1</sup> a présenté à la Société vaudoise des sciences naturelles une série de photographies de la roche salifère de Bex, qu'il considère comme étant une brèche due en partie à la dislocation et à la recristallisation du sel et de l'anhydrite dans l'intérieur des fissures. Il en est de même d'une brèche anhydritique à fragments de calcaire dolomitique. La photographie rend nettement les particularités de certains échantillons (*Revue* pour 1888).

MOUVEMENTS DU SOL. — M. Ph. PLANTAMOUR<sup>2</sup> a continué ses observations sur les mouvements périodiques du sol, accusés au moyen du niveau à bulle d'air. Du mois d'octobre 1888 à celui de septembre 1889 (11<sup>me</sup> année), les observations des mouvements du sol, faites simultanément avec celles de la température, ont démontré l'influence très nette de cette dernière, en ce sens que les dénivellations marchent de pair avec l'insolation du sol; il y a cependant encore un second agent qui contrarie souvent l'action de la température, mais dont il n'a pas encore été possible de préciser l'origine.

TREMBLEMENTS DE TERRE. — Le 30 mai 1889 (8 heures 36 min. de Paris), on a ressenti à Bâle, un tremblement de terre assez faible. Ce même jour, une secousse a été observée près Cherbourg et aux Iles Normandes.

<sup>1</sup> *Compte rendu Soc. vaud. sc. nat.* Séance du 3, VII, 1889. *Archives* XXII, 587.

<sup>2</sup> Ph. Plantamour, Des mouvements périodiques du sol. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889, XXII, 431-437, 1 pl.



M. HAGENBACH-BISCHOFF<sup>1</sup> a calculé d'après la différence avec Dol près Saint-Malo (8 heures 30 minutes), où la secousse se fit également sentir, que la vitesse de translation de la trépidation a été de 1900 m. par seconde.

M. GÜMBEL<sup>2</sup> a décrit les caractères d'un tremblement de terre observé le 22 février 1889 dans les environs de Neuburg sur le Danube (Bavière). Ce travail a quelque intérêt pour la Suisse et mérite d'être mentionné. C'est peu avant 3 heures de l'après-midi que ce mouvement du sol a eu lieu.

Neuburg est situé tout près du bord du Jura franco-nien, au point où les bancs jurassiques sont brisés par suite d'un grand affaissement qui s'est produit le long d'une surface de faille. Quelques lambeaux seulement de terrain jurassique s'avancent sur la rive sud du Danube. C'est sur un d'eux qu'est bâtie en partie la ville.

Le tremblement de terre observé avait le caractère d'un coup subit et très violent, comme une détonation, suivi d'un roulement plus ou moins prolongé. L'aire d'ébranlement ne paraît pas avoir eu plus de 50 kilomètres de rayon ; en considération de ces faits et de la situation géologique de Neuburg au centre de l'aire du mouvement séismique, M. Gumbel conclut à un effondrement souterrain du plafond ou de la paroi d'une grande caverne, creusée dans les couches profondes du terrain jurassique.

<sup>1</sup> E. Hagenbach-Bischoff, Erdbeben des 30. Mai 1889. *Verh. d. Naturf. Gesellsch. Basel*, 1889, VIII, 853.

<sup>2</sup> Dr C.-W. Gumbel, Das Erdbeben von 22. Febr. 1889 in der Umgegend von Neuburg. *Sitzung der math. phys. Classe*, 2 mars 1889, 30 p., 8°.

L'auteur fait suivre sa notice d'une liste de tous les tremblements de terre observés en Bavière depuis l'année 786 jusqu'à nos jours et sur lesquels on possède des renseignements plus ou moins précis.

**ÉROSIONS.** — M. CHATELAIN<sup>1</sup> a exploré la grotte de Reclère, récemment découverte. Un puits vertical de près de dix mètres conduit dans la grotte proprement dite, qui a une grande étendue; de magnifiques stalactites relient par places les voûtes au plancher de la grotte, qui est parcourue par un cours d'eau donnant lieu à un petit lac.

Les recherches de M. MARTEL<sup>2</sup> sur les cavernes dans les Causses (Cévennes) ont un intérêt général pour l'étude de la circulation des eaux souterraines et de l'origine des sources vauclusiennes, dont notre Jura est si riche. L'étude des souterrains des Causses a prouvé à M. Martel que toutes les cavernes sont creusées sur le parcours de diaclases, qui sont les causes directrices de ces érosions.

**ORIGINE DU LAC LÉMAN ET DES GRANDS LACS ALPINS.** — M. F.-A. FOREL<sup>3</sup> a recherché les origines de la cuvette du lac Léman et arrive à la conclusion que cette profonde entaille doit être attribuée exclusivement à l'érosion, de même que la vallée du Rhône en amont de la cluse de Saint-Maurice, où se termine le bassin proprement dit du lac. Reste la difficulté d'expliquer la grande profondeur de cette cuvette, dont le fond est à 63 m. au-dessus de la mer; et, comme l'épaisseur du dépôt d'alluvion est

<sup>1</sup> Voir *Nature*, 1889.

<sup>2</sup> Martel, Les eaux souterraines des Causses, *Bull. Soc. géol. France*, 1889, xvij, 610-621, 1 pl.

<sup>3</sup> *C. R. Soc. phys. et hist. de Genève. Archives*, XVIII, 1890, 184.

ARCHIVES, t. XXIII. — Avril 1890.

de 100 m. au moins, cette profondeur doit être de 40 m. environ au-dessous du niveau de la mer. Les lacs sur le versant italien des Alpes présentent le même phénomène. M. Forel attribue avec vraisemblance cette circonstance à un affaissement considérable de la chaîne des Alpes après le creusement de la dépression du lac. C'est par suite de cet affaissement que les lacs des bords de la chaîne ont pénétré sous forme de fiords dans l'intérieur des vallées d'érosion. Les dépôts morainiques, les alluvions torrentielles des cours d'eau affluents du grand lac, du Rhône surtout, ont peu à peu modifié l'aspect du lac primitif, qui devait s'étendre, selon M. Forel, jusqu'à Sierre, en Valais. Nous relevons les points suivants des diverses phases qu'admet l'auteur dans la formation du lac Léman : La première phase est caractérisée par un exhaussement graduel des Alpes et le creusement de la vallée primitive du Rhône; le creusement continue pendant la fin de l'époque miocène jusqu'à l'époque glaciaire, les Alpes se surélèvent bien au-dessus de leur niveau actuel. Cette période de surélévation est suivie, dès la fin de l'époque glaciaire, d'un affaissement considérable qui a abaissé le fond du lac au-dessous du niveau de la mer, et du comblement partiel du bassin supérieur par les cônes de déjection des torrents valaisans et du Rhône, coïncidant avec le barrage du lac par les dépôts de l'Arve, près de Genève.

A propos du volume du lac Léman, M. FOREL<sup>1</sup> a calculé qu'il faudrait quinze ans aux eaux du Rhône pour le remplir. Le comblement par les alluvions, qui consis-

<sup>1</sup> La capacité du lac Léman, *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, XXIV, 1888, 1.

tent surtout en limon fin suspendu dans l'eau du Rhône, durerait 450,000 ans au minimum. Le volume de ce limon atteint deux millions de mètres cubes annuellement, soit une couche de 1 centimètre par année.

A l'occasion d'une étude sur la faune et la flore des lacs alpins, MM. ASPER et HEUSCHER<sup>1</sup> ont exécuté une série de travaux hydrométriques sur les petits lacs de montagne. Leur publication renferme des cartes, avec indication de la profondeur assez exacte pour la construction des profils de ces lacs. Sont décrits dans ce travail : les lacs du Haut-Toggenburg et le Voralpsee. Une étude antérieure a pour sujet les lacs d'Appenzell.

## II. Terrains.

### Terrains primaires.

TERRAINS CRISTALLINS. — Nous devons à M. le prof. LORY<sup>2</sup> une étude sur la constitution des massifs de schistes cristallins.

Les Alpes occidentales n'ayant subi que peu de bouleversements considérables et offrant des coupes naturelles très étendues, M. Lory y a trouvé des données suffisantes pour établir une classification normale de ce groupe du terrain primitif. Il a reconnu quatre zones alpines entre le Mont-Blanc et le Mont-Rose. Celle du Mont-Rose est de

<sup>1</sup> Dr Asper et J. Heuscher, *Zur Naturgeschichte der Alpenseen. Bericht d. Naturw. Gesellsch. St-Gallen*, 1887-1888, p. 246-267, 5 pl.

<sup>2</sup> Ch. Lory, *Étude sur la constitution et la structure des massifs de schistes cristallins des Alpes occidentales*. Grenoble, 1889, 23 p., 1 pl., 8°.

beaucoup la plus large; les schistes cristallins y sont à découvert sur la plus grande partie du versant italien, et leur stratification est souvent presque horizontale; ils sont recouverts en concordance par le trias. M. Lory distingue dans les schistes cristallins de ce massif :

I. Le groupe supérieur des schistes séricitiques, amphiboliques et chloritiques.

II. Micaschistes avec calcaires cipolins, dolomies grenues, calcaires saccharoïdes.

Les micaschistes en se chargeant de feldspath et passent à des gneiss. A mesure qu'on descend dans la série, le feldspath orthose augmente et les gneiss passent avec une texture de moins en moins feuilletée, au gneiss granitoïde qui ne présente plus qu'une stratification en grand. La séparation entre ces deux groupes n'est cependant pas très nette, le gneiss d'Arolla par exemple appartient au groupe supérieur.

Comme la zone du Mont-Rose ne renferme pas de terrain carbonifère, on doit supposer que pendant toute la durée des temps paléozoïques, ces terrains ont été à découvert dans leur position horizontale. Les trois étages du trias sont ensuite venus se déposer au-dessus; ils ont une texture remarquablement cristalline, ce que M. Lory attribue aux conditions dans lesquels ils se sont formés.

Les schistes cristallins anciens ont dû prendre leur structure à une époque bien antérieure à la dislocation des Alpes. L'état cristallin est trop uniforme pour pouvoir être attribué à des actions mécaniques. C'est une cristallisation générale et originelle du terrain primitif. A la limite N.-O. de la zone du Mont-Rose, on observe parfois le contact entre les schistes cristallins et le carbonifère; sur plusieurs points les conglomérats de cette épo-

que renferment des galets de schistes cristallins identiques dans leur composition aux roches en place qui affleurent dans le voisinage, ce qui prouve que leur structure cristalline est antérieure à la période carbonifère.

M. Lory est arrivé à la conclusion que la structure feuilletée ou cristalline des roches des divers terrains est pour chacun d'eux un fait antérieur au dépôt de celui qui le recouvre et absolument indépendant des grandes actions mécaniques qui ont façonné les montagnes. Cette conclusion diffère de celle de beaucoup de géologues qui voient dans la structure schisteuse et cristalline le produit d'un métamorphisme dynamique. L'auteur appuie son opinion sur le fait que les minéraux des roches cristallines, feldspath, mica quartz, tourmaline, etc., se développent tout aussi bien dans les roches sédimentaires de tout âge qui n'ont subi aucune dislocation. Les galets triasiques, remaniés dans des dépôts plus récents, renferment des cristaux d'albite que la roche en place renfermait déjà. Les schistes cristallins se sont déposés dans des océans à eaux plus salines et plus chaudes que les mers actuelles dans lesquels l'existence des êtres organisés n'était pas encore possible.

La première zone de schistes cristallins ou zone du Mont-Blanc, comprend en Suisse les massifs des Alpes bernoises et du Saint-Gothard, en Savoie, ceux des Aiguilles-Rouges et du Mont-Blanc, la chaîne de Belledonne, de Mégève, etc., divers massifs de l'Isère et du Dauphiné et plus au sud celui du Mont-Pelvoux et celui des Alpes Maritimes.

Dans tous ces massifs les schistes cristallins sont toujours très redressés, la structure de voûte régulière fait défaut. La zone du Mont-Blanc est la partie la plus an-

cienne du système orogénique des Alpes. M. Lory constate que les dépôts de grès anthracifères correspondent à de petits bassins isolés; on peut reconnaître des dislocations antérieures au dépôt du carbonifère. Ailleurs il paraît y avoir parfaite concordance entre les terrains cristallins et le carbonifère. La structure des galets de schistes cristallins contenus dans les poudingues de Valorsin est identique à celle de la roche en place; elle est donc antérieure à la formation houillère et à la première grande dislocation, qui a eu lieu entre le carbonifère et le trias. La différence énorme dans le niveau des lambeaux triasiques horizontaux reposant sur les schistes cristallins verticaux, prouve, selon M. Lory, que ceux-ci ne pouvant se plisser davantage, après le dépôt du trias au-dessus de leur tranche redressée, ont été faillés et ont subi ainsi ces grandes dénivellations. Une partie de ces dépôts horizontaux a été conservée au sommet des massifs restés en place; d'autres parties se sont moulées, en se plissant, autour des inégalités de leur nouvelle base disloquée. Des glissements le long des surfaces de rejet verticales ou fortement inclinées ont provoqué ces plissements multiples, dont les terrains anciens qui forment la base n'offrent pas de trace.

M. Lory constate que malgré les nombreux plissements qu'ont subi les terrains sédimentaires dans lesquels on trouve les fossiles étirés et déformés, ces terrains n'ont pas pris une structure cristalline.

En étudiant le parcours des failles ou axes d'affaissement des Alpes, on constate que ces dénivellations se sont produites suivant les axes des plis anticlinaux, qui étaient des points de faible résistance. Cette manière de voir est attestée par plusieurs profils transversaux qui

montrent les zones d'affaissement parallèles et qui expliquent les dispositions étranges des sédiments relativement aux schistes cristallins anciens. Aucun des massifs cristallins ne représente une voûte régulière ou un pli anticlinal simple et complet.

M. Lory discute en outre le rôle de la protogine, qu'il considère comme appartenant au groupe supérieur des schistes cristallins, les schistes chloriteux; la ténacité plus grande de cette roche explique aussi sa prédominance dans les arêtes élevées. La protogine n'est jamais une roche franchement massive; elle offre des divisions stratiformes très nettes et les intercalations de gneiss chloriteux montrent encore sa liaison avec les roches du groupe supérieur. S'il en est ainsi, conclut M. Lory, la structure en éventail du Mont-Blanc ne serait pas le résultat d'un pli anticlinal écrasé, mais plutôt un pli synclinal très aigu isolé entre deux failles, suivant lesquelles se seraient affaissées et repliées en forme d'U les bandes de lias des vallées de Chamonix et d'Entrèves. La structure du massif du Finsteraarhorn, celle du Mont-Pelvoux s'expliquent de la même manière. Le bord sud de cette zone est marqué par une faille que l'on peut suivre de Valoise à Airolo.

Quant aux deux zones alpines intermédiaires, elles n'ont que peu d'importance; leur faible largeur leur donne un rôle orographique tout à fait secondaire.

*Roches cristallines, métamorphisme.* — Dans son mémoire sur les Alpes, M. SCHMIDT<sup>1</sup> divise les roches massives ou éruptives en deux groupes, les roches grenues profondes (Tiefengesteine) résultant de la cristalli-

<sup>1</sup> Zur Geologie der Schweizeralpen. *Loc. cit.*



sation lente des masses ignées qui forment les régions profondes de la terre; et les roches d'épanchement à structure porphyroïde, dans lesquelles la pâte, de texture microcristalline, renferme des cristaux plus grands formés avant et pendant l'épanchement. Dans les roches grenues, par exemple le granit, tout le magma consiste en cristaux de grand volume enchevêtrés. Il est facile de reconnaître ces deux types de roches massives en traversant les Alpes; quant aux schistes cristallins, qui réunissent les caractères des roches massives et sédimentaires, une partie semble passer insensiblement à des roches massives typiques, tandis que d'autres paraissent plutôt avoir une origine sédimentaire, attestée parfois par la présence de fossiles. Mais il y a encore bien des terrains, portant les caractères des schistes cristallins, pour lesquels cette distinction n'a pas encore pu être établie, et sur l'origine desquels on reste dans le doute.

Les formations primitives sont, sur presque toute la terre, à l'état de schistes cristallins; si l'on admet que leur structure cristalline est originelle, on peut leur attribuer une origine sédimentaire dans des circonstances spéciales, ou les considérer comme le produit du refroidissement des masses primitivement fondues de la surface du globe. Si l'on suppose au contraire que cette structure n'est pas celle de la roche primitive, on peut l'attribuer à un métamorphisme qui a agi soit sur des sédiments normaux, soit sur des roches primitivement massives. Ce métamorphisme peut être le résultat du contact avec une roche éruptive ou bien de la pression qui a agi pendant la dislocation.

Le métamorphisme de contact n'a pas encore été

constaté nettement dans les Alpes suisses; on peut cependant admettre qu'il a eu son rôle dans la formation des schistes cristallins.

L'existence du métamorphisme dynamique ressort clairement du fait que partout où la pression des montagnes a été la plus énergique, dans les régions de dislocation intense et de fort plissement, les roches sédimentaires sont devenues cristallines et les roches éruptives schisteuses.

Les Alpes, surtout les Alpes centrales, en présentent de nombreux exemples; l'auteur cite la formation de minéraux cristallisés au milieu de roches sédimentaires, qu'ils ont rendues, par leur abondance, tout à fait cristallines, quoique la présence de fossiles en démontre l'origine. On pense généralement que les granits protogines des Alpes sont plus anciens que les roches sédimentaires qui les entourent. Or, dans les Pyrénées centrales, la situation étant tout à fait analogue, les granits sont plus récents et ont produit un métamorphisme de contact très évident suivi, pendant les diverses périodes de dislocation, d'un métamorphisme dynamique. Le premier date de l'époque paléozoïque récente, et le second de l'époque tertiaire ancienne. La transformation des porphyres des Windgällen en schiste stratifié, enveloppé dans un grand pli couché, démontre aussi l'action du métamorphisme dynamique sur les roches éruptives.

Les vrais granits sont rares dans les Alpes. La dislocation intense de certaines parties de la chaîne permet de supposer que les granits et protogines en bancs et les protogines schisteuses, doivent leur structure à la pression intense qui les a bouleversés; mais cette cause n'est peut-être pas la seule.

L'auteur a choisi, comme exemple de ces transformations, le porphyre des Windgällen, et il décrit les mouvements, dislocations et érosions auxquels cette formation a été soumise depuis son apparition. Ces faits et les modifications profondes de structures subies par ce porphyre expliquent la difficulté qu'il y a à savoir si des roches cristallines des massifs centraux sont des granits éruptifs, des gneiss anciens ou des roches sédimentaires métamorphiques.

#### Terrains paléozoïques.

TERRAIN CARBONIFÈRE. — M. Alex. PORTIS<sup>1</sup> a signalé de nouveaux gisements de fossiles carbonifères dans le Val di Susa (Alpes occidentales). Il en énumère et décrit les fossiles, comprenant 13 espèces de plantes. Le même auteur a aussi décrit quelques fossiles du trias de la même région.

Dans une note sur la géologie des Alpes subalpines, comprises entre Gap et Digne, M. HANG<sup>2</sup> décrit le terrain houiller dans lequel il a trouvé de nombreuses empreintes de *Pecopetris cyathea*, *arguta*, cf. *polymorpha*, etc., *Annularia stellata*, *Cordaites*, etc., dans le voisinage de couches d'anthracite exploitées dans la cluse de Barles. On trouve aussi là le muschelkalk, puis le trias supérieur, composé d'argiles bigarrées avec gypse et cargneules, et analogue à celui des Alpes vaudoises.

<sup>1</sup> Dott. Aless. Portis, Nuova localita fossilifera in val di Susa. *Boll. R. Comit. geol. d'Italia*, 1889, X, 141-183.

<sup>2</sup> E. Hang, Sur la géologie des chaînes subalpines entre Gap et Digne. *C. R. Acad. des sciences de Paris*, 1889, 18 mars.

## Terrains mésozoïques.

TERRAINS TRIASIQUES. — M. O. WOHRMANN <sup>1</sup> a publié deux mémoires sur le trias alpin. Dans les Alpes du Tyrol septentrional et de la Bavière, le trias se divise en deux niveaux, dont le supérieur correspond au keuper, l'inférieur au muschelkalk. L'auteur démontre par de nombreuses coupes la composition stratigraphique de ces séries et leurs équivalences dans les régions voisines.

Le calcaire de Wetterstein, doit être considéré comme appartenant à la zone du muschelkalk. Il établit pour la zone alpine du Tyrol septentrional et de la Bavière, la série suivante d'assises :

	Hauptdolomit.
	Couches de Raibl.
Keupérien.	Zone marneuse avec couche calcaire à la base.
	Marne et grès.
	Schiste avec <i>Halobia rugosa</i> .
	Wettersteinkalk avec <i>Gyroporella</i> .
	Couches de Partnach.
Conchylien moyen et supérieur.	Wettersteinkalk inférieur, en partie oolithique, avec <i>Gyroporella</i> .
	Calcaire avec Brachiopodes, <i>Terebratula vulgaris</i> , <i>Spiriferina Mentzeli</i> , <i>Rhynchonella decurtata</i> , etc. <i>Céphalopodes</i> .

Une étude sur la faune de l'étage raiblien de la Lombardie est due à M. PARONA <sup>2</sup>. Ce travail commence par

<sup>1</sup> O. Wohrmann, Ueber die untere Grenze der Keupers in den Alpen. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt*, XXXVIII, 1888, 69.

Id., Die Fauna der sog. Cardita u. Raibler Schichten in den Nordtiroler u. bayrischen Alpen. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1889, XXXIX, 180 p., 6 pl.

<sup>2</sup> Dott. C. Parona, Studio monographico della Fauna raibliana

une étude bibliographique et historique de ce terrain; il décrit ensuite le rôle orographique et le facies du raiblien dans les diverses chaînes et régions des Préalpes lombardes. Un tableau stratigraphique indique les relations et différences de facies d'une vallée à l'autre. La comparaison du raiblien lombard avec celui des Alpes orientales, conduit l'auteur à la conclusion, déjà exprimée par Stur, que l'ensemble des couches du raiblien lombard est le correspondant de la Lettenkohle.

Une seconde partie comprend une description de 110 espèces fossiles, dont 9 Céphalopodes, 32 Gastéropodes, 64 Pélécypodes, 5 Brachiopodes, 2 Échinodermes et 10 plantes.

M. le professeur GILLIERON<sup>1</sup> a donné un compte rendu des travaux de sondage entrepris près de Bâle pour la recherche du sel gemme. Il expose la disposition des couches du trias dans le voisinage de cette ville et conclut qu'un seul point sur le territoire de Bâle-Ville, au S.-E. du village de Bettingen, pourrait être favorable à cette recherche, sans qu'il soit possible d'affirmer positivement le succès. On devait atteindre ici les couches salifères à 100 mètres au maximum. Le profil du trou de sondage qui a exigé 4 mois, montre qu'en dessous du muschelkalk, le groupe de l'anhydrite formé de marnes, d'argile, de dolomie et de gypse en alternance, est privé de sel gemme. A 70 mètres on atteint le Wellenkalk, base du groupe de l'anhydrite. Le travail de M. Gilliéron est

di Lombardia. *Mem. prem. dal. R. instit. Lombardo di Sc. e Lett.*, 1889, 156 p., 30 pl.

<sup>1</sup> V. Gilliéron, Sur un sondage pour la recherche du sel gemme. *Actes Soc. helv. sc. nat.* Lugano, 1889. *Arch. sc. phys. et nat.*, 1889, XXII, 454.

encore complété par des considérations sur le plongement des couches à la limite du Horste au pied duquel s'est formé, par affaissement, la plaine du Rhin.

**TERRAINS JURASSIQUES** — M. Koby <sup>1</sup> vient de terminer son grand travail sur les polypiers jurassiques de la Suisse. Cet ouvrage, commencé il y a 10 ans, renferme la description de 447 espèces, dont plus de la moitié sont nouvelles, ce qui montre combien cette étude était nécessaire. Voici la répartition du nombre des espèces dans les divers étages :

*Terrain rhétien*, 2 espèces.

*Sinemurien*, 1 esp.

*Bajocien*, Marnes à *Am. opalinus*, 1 esp.

Couches à *Am. Murchisonæ*, 2 esp.

Calcaires à polypiers, 23 esp.

*Bathonien*, Grande oolithe, 13 esp.

Couche à *Rhynch. varians*, 5 esp.

Couches à *Mytilus*, 27 esp. (toutes nouvelles).

*Callovien*, 3 esp.

*Oxfordien*, Oxf. inf. Marnes pyriteuses, 3 esp.

Oxf. sup. Terrain à chailles marno-calcaires, 11 esp.

*Rawracien*, Terrain à chailles siliceux, 79 esp.

Corallien blanc, 184 esp.

*Astartien* du Jura soleurois, bernois et vaudois, 69 esp.

*Ptérocérien* du Jura bernois et soleurois. 13 esp.

Couches de Valfin, 42 esp.

*Virgulien*, Jura de Porrentruy et Montbéliard, 14 esp.

Niveaux coralligènes divers :

*Corallien du Myten*, 28 espèces, attestant l'affinité de ce niveau avec le corallien blanc de Caquerelle (20 espèces sont communes à ces deux localités).

*Corallien de Wimmis*, 15 espèces, presque toutes particulières aux couches de Valfin.

*Corallien du Salève*, 8 espèces, dont 5 sont fréquentes dans le gisement de Valfin.

<sup>1</sup> F. Koby, Monographie des Polypiers jurassiques de la Suisse, *Mém. Soc. pal. Suisse*, 1880-1889, VII-XVI, 582 p., 130 planches.

M. Koby remarque, en concluant, que peu d'espèces de polypiers passent d'un étage à l'autre et que, pour un même étage, elles se groupent autour de certaines localités, pour constituer des faunules spéciales. Ce résultat est facile à comprendre; l'existence et le développement des coraux sont liés au milieu qui les entoure, qui a une grande influence sur leur forme, et les modifications de ce milieu entraînent assez rapidement, soit la destruction de l'espèce, soit sa transformation.

L'auteur discute, dans un résumé paléontologique, la valeur et les caractères des genres décrits et la raison d'être de la classification adoptée; il indique la distribution de ces genres dans les familles.

LIAS. — M. PARONA <sup>1</sup> a publié une étude paléontologique sur le lias inférieur des Préalpes lombardes, renfermant une description de ce terrain, du caractère de la faune et une liste très complète des fossiles.

LIAS ET DOGGER. — Le lias et le dogger dans les chaînes subalpines entre Digne et Gap, présente, d'après M. HANG <sup>2</sup>, la série suivante :

<i>Bathonien.</i>	Schistes noirs avec petites Ammonites ferrugineuses. <i>Am. contrarius</i> , <i>Posidonomya alpina</i> , <i>Am. Parkinsoni</i> . Zone à <i>Am. neuffensis</i> et <i>Am. procerus</i> .
<i>Bajocien.</i>	Couches à <i>Am. Humphresi</i> et <i>Am. subfurcatus</i> . Calcaire bleuâtre à <i>Am. Sauzei</i> . Couches calcaires à <i>Am. Sowerbyi</i> , très riche en fossiles. Couches à <i>Am. Murchisonæ</i> , pauvres en fossiles.

<sup>1</sup> Dott. C.-F. Parona, *Rendiconti del Instit. Lombardo*, 1899, série II, t. XXI, fasc. VIII, 13 p.

<sup>2</sup> Hang, Lias, bathonien et bajocien dans les chaînes subalpines entre Digne et Gap. *C. C. Acad. sc. Paris*, 1<sup>er</sup> avril 1889.

*Lias supérieur.* Calcaire à *Am. bifrons* et schistes noirs renfermant dans la partie supérieure la faune à *Am. opalinus*.

*Lias moyen.* Calcaire à *Amaltheus spinatus*.  
Marnes micacées et schistes noirs avec quelques espèces de la zone à *Amaltheus margaritatus*.  
Calcaires pauvres en fossiles, contenant beaucoup de *Bélemnites*; vers le haut, *Am. fimbriatus*.

*Lias inférieur.* Couches à *Cardinia* et calcaires à *Arietites*.

M. FINKELSTEIN <sup>1</sup> a établi l'existence de la zone à *Am. Opalinus* dans la partie ouest du Tyrol méridional. Il décrit la série des terrains et fait suivre cette étude stratigraphique de la description des Brachiopodes de ce niveau.

MALM. — Le plateau de Montagnole au S.-O. de Chambéry qui a été exploré avec tant de soin par MM. Hollande et PILLET <sup>2</sup>, a fourni à ce dernier des matériaux paléontologiques importants de l'étage portlandien. Il est vrai que M. Hollande, à qui nous devons déjà une étude géologique sur cette région, n'admet pas l'existence du portlandien proprement dit, et qu'il réunit sous le nom d'*infra-néocomien* le niveau berriasien et le calcaire tithonique. Or, M. Pillet considère la partie inférieure du tithonique de M. Hollande comme du ptérocérien; la partie supérieure, y compris le Berrias seraient l'équivalent du portlandien, comme l'exprime la coupe suivante, relevée au mamelon dit des peupliers :

<sup>1</sup> Finkelstein, Ueber ein Vorkommen der Opalinus (u. Murchisonæ) Zone im Westlichen Süd-Tirol. *Zeitsch. d. deutsch. Geol. Gesellsch.*, 1889, XLI, 49-78, 1 pl.

<sup>2</sup> L. Pillet, Le Portlandien de Montagnole. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, p. 67-90.



HOLLANDE.		PILLET.
Infraéocène.	Berriasien. 9. Marnes à <i>Am. semisulcatus</i> .	Portlandien ou virgulien.
	8. Calcaire blanc. <i>Am. Liebigi</i> , <i>privasensis</i> , <i>transitorius</i> , etc. 7 m.	
	Tithonique } 7. Calc. comp. blanc en gros franc } bancs de 2 <sup>m</sup> à 2 <sup>m</sup> ,50, à taches des auteurs. } roses. 8 <sup>m</sup> .	
	6. Banc terreux ruiniforme. 0 <sup>m</sup> ,50.	Ptérocérien (Kimmerid- gien).
	5. Calcaire gris en petits bancs à rognons, avec <i>Aptychus Am.</i> <i>ptychicus (semisulcatus)</i> : 2 m.	
Kimmeridgien.	4. Calcaire bréchiforme, 0 <sup>m</sup> ,75.	
	3. Calcaire compact; grands <i>Apty-</i> <i>chus</i> , 0 <sup>m</sup> ,10 à 0 <sup>m</sup> ,15.	
	2. Calcaire compact, 1 <sup>m</sup> .	
	1. Calcaire bréchiforme.	

M. Pillet a constaté dans le plateau plusieurs gisements portlandiens, se répartissant sur 4 arêtes calcaires qui entrecoupent la région. Il y distingue deux niveaux : Les marnes de Pierre Grosse et le calcaire roux.

Les fossiles recueillis appartiennent à 66 espèces. Il y a plusieurs vertébrés, vertèbres de Saurien et dents de *Pycnodus*; 3 espèces d'Annélides (*Serpula planorbiformis*, Goldf., *S. coarcervata*, Bl.); 8 Céphalopodes (*Bel. datensis*, E. Favre, *Am. tortisulcatus*, *Am. serus*, Op., *Am. ulmensis*, etc.). Les Gastéropodes sont représentés par 7 espèces; *Pleurotomaria Royeri*, de Lor., *Natica hemisphaerica*, Roem., *Natica vacuolaris*, de Lor., etc. Les mollusques lamellibranches l'emportent de beaucoup sur les autres groupes avec 34 espèces : *Pleuromya sinuosa*, Roem., *Cyprina Brongniarti*, Roem., *Astarte matronensis*, de Lor., *Arca nobilis*, Centis., *Mytilus subreniformis*, Cern., *Mytilus Morristii*, *M. Tombecki*, de Lor., *P. suprajurensis*, Bud., *Ostrea Bruntrutana*, Thurm., *Ostr. pulligera*, Goldf., etc.

La *Nerinea trinodosa* et bon nombre d'autres mollus-

ques qui caractérisent le portlandien d'autres localités, manquent dans les gisements de Montagnole; ils manquent également, en partie du moins, dans le portlandien de la Haute-Marne, avec lequel celui de Montagnole a quelques rapports.

Les Brachiopodes (*Ter. subcella*, Leym.), les Échinides, les Crinoïdes et les coraux sont relativement rares et ne fournissent guère d'indication sur l'âge de ces couches.

En résumé, sur les espèces du portlandien de la Haute-Marne, décrites par M. de Lorient, les stations de Montagnole en ont fourni 8 du niveau supérieur; 15 et des plus abondantes du niveau moyen; 9 du niveau inférieur.

*Faune jurassique.* M. HAAS<sup>1</sup> a publié la première partie d'un mémoire sur les Brachiopodes jurassiques du Jura suisse. La première livraison décrit 23 espèces, dont 19 du genre *Rhynchonella*; il étudie les *Rhynch. inconstans* et *Rh. corallina* (*Rh. pinguis*) si souvent confondues. Six des espèces décrites sont nouvelles. L'auteur ne se sert que de fossiles recueillis sur place et dont le niveau stratigraphique est rigoureusement déterminé.

On connaît les nombreuses dents de poissons, *Pycnodus*, *Sphaerodus*, *Gyrodon*, etc., que renferment les terrains jurassiques supérieurs; les mâchoires complètes sont rares, et les autres pièces du squelette encore plus rares. M. JACCARD<sup>2</sup> a publié quelques considérations au sujet des espèces provenant du malm du canton de

<sup>1</sup> Hip. Haas, Kritische Beiträge zur Kenntniss der jurassischen Brachiopodenfauna des schweiz. Juragebirges, etc, *Mém. Soc. pal. suisse*, 1889, XVI, 35 p.

<sup>2</sup> Jaccard, Sur quelques espèces nouvelles de Pycnodontes du Jura neuchâtelais. *Bull. Soc. sc. nat. de Neuchâtel*, 1889.

Neuchâtel. Il s'étonne que les genres *Pycnodus* et *Gyrodus* ne soient connus que par leurs dents et en conclut que le squelette de ces poissons, ainsi que les écailles, doivent avoir eu moins de solidité que celles des *Lepidotus*, que l'on trouve même à l'état de poissons entiers, grâce aux écailles qui se prêtent bien à la fossilisation. M. Jaccard a étudié plusieurs mâchoires et plaques vomériennes de *Pycnodontes* du Jura d'après une trentaine d'échantillons de sa collection.

M. DE LORIOL<sup>1</sup> a entrepris en collaboration avec M. Koby, une étude paléontologique et stratigraphique du niveau coralligène inférieur du Jura bernois. La première partie de ce mémoire a paru ; elle renferme le commencement de l'étude paléontologique, soit la description des espèces de mollusques gastéropodes.

TERRAINS CRÉTACÉS. *Néocomien*. — La couche à *Ammonites Astieri*, d'Orb., qui forme la base de l'étage hauterivien, a fourni à M. Jaccard une collection remarquable d'ammonites. M. SAYN<sup>2</sup>, a fait l'étude des espèces du gisement de Villers-le-Lac, près du Locle ; ce sont : *Holcostephanus Astieri*, d'Orb., *Holc. Carteroni*, d'Orb., *Holc. bidichotomus*, Leym., *Holc. cf. Grotrani*, Neum. et Uhl., *Hoplites Arnoldi*, P. et C., *Hoplites* vois. de *H. néocomiensis*, *Cosmoceras verrucosus*. Ces trois dernières espèces se trouvent aussi dans le néocomien à *Bel. latus* du midi de la France. M. Jaccard dit avoir trouvé aussi le *Bel. latus* à Villers. Cette faune de la zone à *Am. Astieri* a une certaine analogie avec le néocomien alpin.

<sup>1</sup> P. de Lorient, Études sur les mollusques des couches coralligènes inférieures du Jura bernois. Notices stratigraphiques par F. Koby. *Mém. Soc. pal. suisse*, 1889, XVI, 1<sup>re</sup> partie, 79 p., 9 pl.

<sup>2</sup> Sayn, Ammonites de la couche à Holcost. Astieri de Villers-

Les terrains crétacés du massif des Beauges (environs de Chambéry) offrent, d'après M. HOLLANDE <sup>1</sup>, une série d'assises très complète. Dans le Dauphiné où M. Lory a divisé le néocomien en deux étages, son épaisseur totale atteint plusieurs centaines de mètres; elle diminue vers le nord. Dans la Provence, les Hautes-Alpes, la moitié méridionale du département de la Drôme, etc., l'étage inférieur du néocomien a un facies vaseux à fossiles pélagiques; c'est le type provençal; dans le Jura, la Basse-Savoie et les chaînes comprises entre Chambéry et Vorrepe, cet étage a un facies littoral, le facies jurassien; dans la Grande-Chartreuse, les deux facies s'enchevêtrent. M. Hollande distingue dans le néocomien de la région de Chambéry 10 assises, qu'il groupe en 4 étages. L'inférieur, comprenant les couches de Berrias et une assise de passage entre le crétacé et le jurassique, a été nommé par lui infranéocomien, pour ne pas confondre ces couches avec le valangien. Il réunit à l'urgonien, le calcaire à *Orbitolines* et la couche à *Requienia Lonsdelii*, à cause de sa liaison intime avec le calcaire à *Req. ammonia* :

- |              |                                                                                       |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|              | 10. Calcaire à <i>Requienia Lonsdelii</i> .                                           |
| Urgonien.    | 9. Marno-calcaire ocreux à <i>Orbitolina conoidea</i> et <i>Heteraster oblongus</i> . |
|              | 8. Calcaire à <i>Requienia ammonia</i> .                                              |
|              | 7. Calcaires jaunes.                                                                  |
| Hauterivien. | 6. Marno-calcaires à <i>Toxaster complanatus</i> et <i>Ostrea Couloni</i> .           |
|              | 5. Marno-calcaires glauconieux à <i>Am. radiatus</i> .                                |

le-Lac. C. R. Soc. helv. sc. nat. Lugano. Arch. sc. phys. et nat., oct.-nov. 1889.

<sup>1</sup> Hollande, Dislocation des montagnes calc. etc. Bull. Soc. hist. nat. de Savoie, 1889, III, 105-127.

- |                  |   |                                                                                                            |
|------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Valangien.       | { | 4. Marno-calcaires ocreux à <i>Pygurus rostratus</i> .                                                     |
|                  |   | 3. Calcaire à Brachiopodes de Rozéray.                                                                     |
| Infra-néocomien. | { | 2. Marno-calcaire renfermant la faune du Berrias.                                                          |
|                  |   | 1. Calcaire blanc ou gris sublithographique à <i>Am. transitorius</i> et <i>Am. Richteri</i> (Tithonique). |

L'assise 1 de l'infra-néocomien devrait, semble-t-il, être rapportée au malm plutôt qu'au crétacé, à cause des affinités jurassiques de sa faune : le berrias seul représente par sa faune un terrain de transition entre le jurassique et le néocomien. Il est formé de marno-calcaires avec couches de calcaire à ciment à la base, et caractérisé par *Am. semisulcatus*, *neocomiensis*, *rarefurcatus*, *binervius*, etc. Dans le haut l'assise passe insensiblement au valangien.

Le calcaire grossier de Rozéray est remarquable par sa faune de Brachiopodes : *Terebratula Carteroni*, *T. Montoniana*, *Rhynch. multiformis*, etc. Le calcaire ocreux avec *Terebr. Carteroni*, *O. rectangularis*, *Janira atava*, *Pygurus rostratus*, *Am. cryptoceras*, *Nautilus pseudo-elegans*, etc., constitue un niveau équivalent au valangien supérieur, quoique l'épaisseur de cette assise dépasse 200 mètres.

La couche marno-calcaire glauconneuse, peu épaisse, mais facile à connaître, peut servir de point de repère pour séparer le valangien du hauterivien. On y trouve *Am. cryptoceras*, *Am. Leopoldinus*, *Am. Astieri*, *Am. radiatus*, *Apt. Didayi*, etc. Mais la grande masse de l'étage hauterivien est constituée par les marno-calcaires à *Spatangues*, contenant *Ostrea Couloni*, *Toxaster complanatus*, *Pholadomya elongata*, *Panopaea neocomiensis*, *Trigonia caudata*, *Dysaster ovulum*, etc.

L'urgonien est représenté par un massif de calcaire compact de 200-300 m. d'épaisseur, dont les fossiles

sont empâtés dans la roche et difficiles à extraire. Ce sont des polypiers, des huîtres de grande taille, *Requienia Ammonia*, *Rhynchonella lata*, etc., ce dernier fossile souvent très abondant.

La zone à *Orbitolines* est un calcaire de couleur ocre qui forme le sommet de cet horizon et renferme toujours beaucoup de fossiles, *Orbitolina conoidea*, *Heteraster oblongus*, *Pygaulus depressus* et *cylindricus*, *Pterocera pelagi*, *Janira Morrisi*, etc., fossiles qui caractérisent l'étage rhodanien, lequel se relie orographiquement à l'urgonien.

GAULT ET CRÉTACÉ SUPÉRIEUR. — D'après M. HOLLANDE<sup>1</sup> le gault repose dans le massif des Beauges directement sur le calcaire à *Orbitolines*; l'aptien manque et ne se montre que plus au N.-E. avec l'*Ostrea aquila* dans les chaînes des Vergys et des Fiz.

Le gault de la zone subalpine a un facies fort différent de celui de la Perte du Rhône. Dans la vallée d'Entremont-le-Vieux, il offre deux assises :

*Gault supérieur.* Sable grossier, réuni par un ciment argilo-calcaire avec rognons et moules de phosphate de chaux. 1-3<sup>m</sup>.

*Gault inférieur.* Lumachelle de calcaire roux, pétrie de débris fossiles, épaisseur 15-20<sup>m</sup>.

Sur la lisière orientale des Beauges, le gault inférieur est un calcaire ou grès plus ou moins noir, glauconieux. Le gault supérieur, de 1<sup>m</sup> à 1<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, est un calcaire siliceux à rognons phosphatés. M. Hollande n'a pas pu séparer paléontologiquement ces deux niveaux; les fossiles du niveau inférieur se retrouvent tous dans le niveau supérieur qui est bien plus fossilifère. Quant à

<sup>1</sup> Hollande, Dislocation, etc., *loc. cit.*

l'étage immédiatement supérieur au gault, le cénomanien, son existence paraît attestée par certains fossiles, mais on n'en possède que des données fort incertaines.

Le gault a fourni dans la région subalpine de Savoie plus de 40 espèces, dont un certain nombre caractérisent le gault supérieur ou vraconien.

Le fait le plus remarquable de cette région est la présence constante du sénonien, épais d'environ 100 m. C'est une roche assez tendre, qui a été enlevée sur bien des points par la dénudation; les couches en sont minces, de teinte grisâtre. Elle a fourni les fossiles suivants :

<i>Belemnitella mucronata</i> , d'Orb.	<i>Inoceramus Goldfussi</i> , d'Orb.
<i>Ananchites ovata</i> , Lam.	» <i>Ouvieri</i> , Gold.
<i>Micraster Brongniarti</i> , Hel.	» <i>Cripsi</i> , Mant.
<i>Janira quadricostata</i> , d'Orb.	<i>Ostrea vesicularis</i> ,
	<i>Ammonites</i> , sp.

Ajoutons que le crétacé supérieur se continue dans les chaînes au N.-E. des Beauges, aux Vergys, à la Pointe-Percée et aux Fiz, où M. Alph. Favre a constaté un grand nombre d'affleurements.

Dans son ensemble, le néocomien des Beauges a une analogie remarquable avec le facies jurassien de ce terrain; sa division en trois étages est très nette; la seule différence est dans l'épaisseur plus grande des assises. Quant au gault et au sénonien des Beauges, ils se relient absolument au facies alpin, tel que l'offrent les Dents-du-Midi, les Fiz, etc.

(A suivre.)

# NOTE

SUR LA

## COMPOSITION DES CALCAIRES PORTLANDIENS DES ENVIRONS DE SAINT-IMIER

PAR

**M. L. DUPARC**

Les calcaires dont je donne la composition dans les pages qui suivent appartiennent à l'étage portlandien. Cette étude a été entreprise dans l'idée qu'il y aurait peut-être un certain intérêt à exécuter un travail d'ensemble sur les différents étages du Jura envisagés au point de vue de leur composition chimique. Ce travail de longue haleine ne permet d'arriver à des conclusions qu'en se basant sur des observations multiples, effectuées sur le plus grand nombre de strates possible, pour chaque étage. En effet, abstraction faite des variations qui se produisent dans les différentes régions d'une seule et même couche (souvent au sein d'un même fragment, comme je l'ai maintes fois constaté), chacun sait combien la composition chimique peut différer d'une strate à l'autre. En examinant donc un certain nombre de couches appartenant au même étage, et dont les rapports stratigraphiques



ont été préalablement fixés, et en prenant pour chacune de ces couches le représentant le plus typique et le plus généralement répandu, on arrivera à établir les limites entre lesquelles les variations sont comprises et à se faire une idée générale de l'ensemble de l'étage en question. La principale difficulté pour un travail de ce genre est de se procurer des échantillons récoltés avec soin et dont la provenance est parfaitement certaine. Dans ce but, je me suis adressé à M. le prof. Rollier, de Saint-Imier, qui, avec une obligeance pour laquelle je tiens à le remercier, m'a envoyé un certain nombre d'échantillons du portlandien des environs de Saint-Imier, ainsi que d'autres localités. Pour le moment, je me bornerai à publier seulement les calcaires de Saint-Imier, me réservant de revenir plus tard sur le sujet et de compléter ce premier exposé par le reste de la série portlandienne. Les échantillons que j'ai examinés appartiennent aux couches décrites dans le remarquable ouvrage de M. Rollier<sup>1</sup>, principalement aux pages 15 et 16, du n° 14 au n° 1, à l'exception des nos 10, 8, 9, 7 et 5, qui n'ont pas été analysés. Dans la description qui en sera faite, je renverrai chaque fois à l'ouvrage en question, en indiquant la page et le numéro de la couche dont provient le spécimen.

Tous ces calcaires sont argileux, mais la proportion de cette argile y varie beaucoup. Elle est comprise entre 0,6 % (calcaire subcompact) et 14,24 % (couches à N. Marcousana). La nature de cette argile diffère aussi selon les calcaires; en général, elle est composée de deux parties distinctes, l'une exclusivement constituée par des fragments anguleux de quartz, l'autre, qui est une véri-

<sup>1</sup> Rollier, Facies du malm jurassien. *Archives*, février 1888.

table argile, se laisse facilement séparer de la première par lévigation. La couleur en est jaune, sauf dans la variété rouge du calcaire dolomitique (facies, p. 15, n° 13), où elle présente une couleur rouge de brique due à une forte proportion de silicate de fer. Une analyse, sommaire du reste, du résidu insoluble total (partie quartzense et argileuse) des couches à Natica Marcousana m'a donné :

SiO <sub>2</sub>	=	67,68
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	23,91
CaO	=	0,66
MgO	=	1,97
H <sub>2</sub> O	=	4,79
		<hr/>
		99,01

Cette argile correspond donc à un silicate d'alumine et de fer hydraté avec excès de silice.

Quant aux proportions relatives des carbonates de chaux et de magnésie, elles sont, pour le premier, de 98,54 (calcaire subcompact) à 83,87 (couches à N. Marcousana), et, pour le second, de 0,88 (bancs compacts en dalles) à 1,36 (bancs compacts), soit 1 % en chiffre rond (en exceptant, bien entendu, les calcaires dolomitiques). En général, les analyses accusent une différence en plus, ce qui provient de la chaux dosée comme CaO, et qui donne toujours des résultats un peu forts si la quantité de substance dépasse 0,2-0,3. L'excès ne porte donc que sur la chaux, partant sur le carbonate.

Les oxydes de fer et d'alumine existent toujours dans ces calcaires, mais en faible quantité, ne dépassant pas 0,340 %, (calcaire oolithique). Enfin, il faut encore mentionner l'acide phosphorique, qui ne fait jamais défaut et

que j'ai retrouvé dans tous les calcaires, mais en quantité trop faible pour être dosé. Je me contente donc de doser une fois pour toutes. Quant aux densités, oscillent entre 2,779 (calcaire dolomitique) et 2,679 (calcaire en plaquettes), la moyenne étant généralement de 2,69.

# I. CALCAIRE OOLITHIQUE A CORBULA FORLESIANA (Lignière)

(Facies, p. 4.)

Calcaire gris, avec fines oolites de même couleur que les petites paillettes cristallines de spath.

Densité = 2,701.

## Analyse :

Argile	=	1,45	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,31	
CaO	=	54,42	CaCO <sub>3</sub> = 97,24
MgO	=	0,57	MgCO <sub>3</sub> = 1,14
CO <sub>2</sub>	=	43,29	
Eau hygroscopique	=	0,17	
		<hr/> 100,21	

# II. BANCS COMPACTS AVEC LITS ARGILEUX.

(Facies, p. 16, n° 1.)

Calcaire grisâtre, avec taches jaune-rouille.

Densité = 2,682.

*Analyse :*

Argile	=	6,42		
(AlFe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,18		
MgO	=	0,65	MgCO <sub>3</sub>	= 4,36
CaO	=	54,31	CaCO <sub>3</sub>	= 94,62
CO <sub>2</sub>	=	44,24		
Eau hygroscopique	=	0,16		
		<hr/>		
		99,96		

## III. BANCs CORALLIGÈNES.

(Facies, p. 16, n° 2.)

Calcaire grisâtre, cristallin, un peu argileux, avec veines de calcite.

Densité = 2,68.

*Analyse :*

Argile	=	4,36		
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,09		
CaO	=	54,62	CaCO <sub>3</sub>	= 97,53
MgO	=	0,56	MgCO <sub>3</sub>	= 4,17
CO <sub>2</sub>	=	43,36		
Eau hygroscopique	=	0,25		
		<hr/>		
		100,24		

## IV. CALCAIRE BLANCHÂTRE À NÉRINÉES.

(Facies, p. 16, n° 3.)

Calcaire homogène blanc, cristallin, avec fissures capillaires remplies de calcite cristallisée.

Densité = 2,712.

*Analyse :*

Argile	=	1,05	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,22	
CaO	=	54,98	CaCO <sub>3</sub> = 98,17
MgO	=	0,53	MgCO <sub>3</sub> = 1,14
CO <sub>2</sub>	=	43,40	
Eau hygroscopique	=	0,12	
		<hr/>	
		100,30	

## V. CALCAIRE PALE A NÉRINÉES.

(Facies, p. 16, n° 5.)

Calcaire blanc jaunâtre, avec taches plus claires et structure cristalline.

Densité = 2,694.

*Analyse :*

Argile	=	0,79	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,10	
CaO	=	55,05	CaCO <sub>3</sub> = 98,30
MgO	=	0,59	MgCO <sub>3</sub> = 1,24
CO <sub>2</sub>	=	43,55	
Eau hygroscopique	=	0,21	
		<hr/>	
		100,29	

## VI. BANCs COMPACTS EN DALLES.

(Facies, p. 16, n° 6.)

Calcaire jaune pâle, homogène, à cassure esquilleuse.

Densité = 2,690.

*Analyse :*

Argile	=	4,53	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,08	
CaO	=	54,78	CaCO <sub>3</sub> = 97,82
MgO	=	0,42	MgCO <sub>3</sub> = 0,88
CO <sub>2</sub>	=	43,12	
Eau hygroscopique	=	0,12	
		<hr/>	
		100,05	

## VII. COUCHES A NATICA MARCOUSANA.

(Facies, p. 15, n° 12.)

L'échantillon provient d'un bloc plus compact, de même nature que les fossiles. Il est friable, jaune, et se montre le plus argileux des calcaires portlandiens examinés jusqu'ici.

Densité = 2,686.

*Analyse :*

Argile	=	14,24	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,15	
MgO	=	0,58	MgCO <sub>3</sub> = 1,21
CaO	=	46,97	CaCO <sub>3</sub> = 83,87
CO <sub>2</sub>	=	37,86	
Eau hygroscopique	=	0,69	
		<hr/>	
		100,49	

## VIII. CALCAIRES EN PLAQUETTES.

(Facies, p. 15, n° 12.)

Calcaire argileux, jaunâtre, feuilleté, donnant des éclats onduleux, parcouru par des joints très minces, remplis de calcite.

Densité = 2,67.

*Analyse :*

Argile	=	7,86	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,17	
CaO	=	51,16	CaCO <sub>3</sub> = 91,35
MgO	=	0,49	MgCO <sub>3</sub> = 4,03
CO <sub>2</sub>	=	40,40	
Eau hygroscopique	=	0,24	
		<hr/>	
		100,32	

## IX. CALCAIRE DOLOMITIQUE (variété jaune).

(Facies, p. 15, n° 13.)

Calcaire jaune pâle, grenu, homogène, avec grains noirs disséminés. Certaines variétés sont cavernueuses et désagrégées.

Densité = 2,779.

*Analyse :*

Argile	=	1,46	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,12	
CaO	=	43,63	CaCO <sub>3</sub> = 77,91
MgO	=	10,01	MgCO <sub>3</sub> = 21,01
CO <sub>2</sub>	=	44,96	
Zau hygroscopique	=	0,20	
		<hr/> 100,38	

**X. CALCAIRE DOLOMITIQUE (variété rouge).**

(Facies, p. 15, n° 13.)

Calcaire grenu, cristallin, de couleur rouge-brique avec grains noirs, comme le précédent. Cette coloration provient de l'argile très ferrugineuse contenue dans ce calcaire. La composition chimique de l'échantillon examiné l'éloigne des calcaires dolomitiques et en fait plus vraisemblablement un calcaire magnésien. Cette composition, comme on le voit dans l'analyse qui suit, est assez différente de celle du calcaire dolomitique, dont ce spécimen n'est cependant qu'un facies particulier.

Densité = 2,703.

*Analyse :*

Argile	=	1,82	
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,20	
CaO	=	53,15	CaCO <sub>3</sub> = 94,91
MgO	=	1,43	MgCO <sub>3</sub> = 3,00
CO <sub>2</sub>	=	43,23	
Eau hygroscopique	=	0,24	
		<hr/> 100,07	



## XI. CALCAIRE SUBCOMPACT.

(Facies, p. 15, n° 14.)

Calcaire homogène, gris blanchâtre, très peu argileux, présentant une cassure esquilleuse.

Densité = 2,711.

*Analyse :*

Argile	=	0,60	
(AlFe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0,12	
CaO	=	55,17	CaCO <sub>3</sub> = 98,51
MgO	=	0,46	MgCO <sub>3</sub> = 0,96
CO <sub>2</sub>	=	43,67	
Eau hygroscopique	=	0,13	
		<hr/>	
		100,15	

En groupant maintenant les résultats obtenus, on remarque que, en remontant la série des calcaires figurés de la page 15 à 16, et en commençant par le n° 1, soit les « bancs compacts argileux, » on se trouve en présence d'un calcaire à 6,42 % d'argile, tandis que cette quantité diminue progressivement dans les numéros suivants jusqu'aux calcaires pâles à Nérinées, pour réaugmenter ensuite dans les bancs compacts en dalles. De là, en sautant les n°s 7, 8, 9 et 10, non examinés, on trouve les couches à N. Marcousana, où la proportion d'argile atteint son maximum, pour diminuer ensuite successivement jusqu'aux calcaires subcompacts, qui sont du carbonate de chaux presque pur. L'augmentation se pour-

suit-elle régulièrement des bancs compacts en dalles aux couches à N. Marcousana? je ne saurais le dire. M. le prof. Rollier, auquel j'ai demandé des renseignements sur les couches 7-10, me dit que ces assises sont irrégulières avec veines et lits argileux peu propres par conséquent à l'analyse. Il m'a cependant récemment envoyé les échantillons correspondants, que j'examinerai dans la suite. En résumé, envisagées dans leur ensemble, les couches portlandiennes n'offrent pas de variations considérables dans leur composition, les plus fortes différences qui portent sur l'argile (partant sur le carbonate de chaux) étant dans la proportion de 1 à 14 %. Ceci semblerait indiquer des conditions de sédimentation et un mode de dépôt ayant très peu changé pendant la majeure partie de l'époque portlandienne et présentant seulement une succession de maxima et de minima dans la quantité des matériaux argileux déposés avec les calcaires, ces maxima et minima ne semblent pas se produire brusquement, mais au contraire par gradation successive (du moins jusqu'aux bancs compacts en dalles). Cette uniformité dans le mode de dépôt semblerait d'autant plus probable que, comme le dit fort bien M. le prof. Rollier, les allures des couches portlandiennes sont plus régulières qu'on ne le pense généralement, et certains niveaux, principalement celui à Natica Marcousana (qui précisément est une couche des mieux caractérisées par sa composition), se retrouvent avec un facies uniforme dans le Jura bernois et neuchâtelais, ainsi que dans d'autres localités.

Seules les couches dolomitiques (n° 13), arrivant sans transition, présentent un facies particulier dans cette époque; or, d'après les conditions dans lesquelles s'effectue la dolomitisation des calcaires, ce passage brusque à 1 %.

de  $\text{MgCO}_3$ , à 21 %, ne me semble pouvoir s'expliquer que par un changement momentané peut-être plus ou moins régional dans les dépôts de haute mer du jurassique supérieur. Du reste, ces couches dolomitiques seront soumises à un nouvel examen. Quant à la variété rouge, elle contraste singulièrement avec ces couches dolomitiques. M. le prof. Rollier m'écrit que c'est du reste un accident tout à fait local à Champmeusel, près de St-Imier. Cette roche n'existe pas en couches régulières, elle se trouve en nids et lentilles de peu d'étendue de 1 à 2 mètres de longueur et d'un demi-mètre d'épaisseur. Il est possible, d'après lui, que cette roche ait subi des transformations ultérieures à son dépôt marin, car l'assise est cariée par places, ce qui peut expliquer une variation aussi considérable.

Ces quelques lignes sur les calcaires portlandiens demandent un complément qui, je pense, fera l'objet d'une communication future.

---

# MANUEL D'ASTRONOMIE<sup>1</sup>,

PAR

M. le professeur R. WOLF.

---

Un ouvrage considérable d'érudition et de science vient de commencer à paraître sous la forme d'un volume in-8° publié à Zurich et qui doit être suivi de trois autres. Son auteur, M. le prof. R. Wolf, indique lui-même le but qu'il s'est proposé en le composant, dans une préface que nous ne pouvons mieux faire que de traduire, pour en annoncer l'apparition aux lecteurs des *Archives*.

« Le nouveau MANUEL D'ASTRONOMIE, dont j'offre ici au public la première partie et dont les trois autres suivront prochainement, est destiné aux étudiants, comme aussi à mes confrères astronomes. Aux premiers il doit montrer la voie suivie pendant une longue expérience pour se rendre familière la science astronomique; il doit les avertir de ne point se hasarder dans son étude sans une certaine somme de connaissances préalablement acquises; il doit leur faire comprendre qu'après avoir pris une vue d'ensemble du sujet, il faut s'initier à la connais-

<sup>1</sup> *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur*, von Dr Rud. Wolf. Zurich, F. Schulthess, 1890.

sance des instruments, aux méthodes d'observation et de calcul, pour arriver enfin aux détails de la mécanique et de la physique célestes. Aux seconds il pourra, en voyage, remplacer en quelque sorte leur bibliothèque, par son contenu et ses tables ; chez eux, il est apte à servir de livre commode à consulter. Ils y trouveront, en effet, dans un espace restreint, une foule de documents de toute sorte, pratiques, historiques et littéraires, épars dans des centaines de volumes : mon livre, accompagné de son résumé sommaire qui le précède et de la table des matières qui le suit, facilitera leurs recherches. Je reconnais, comme je le confesse à la fin de mon premier chapitre, m'être imposé une tâche très ardue en entreprenant cet ouvrage ; mais j'espère, après y avoir travaillé pendant de longues années avec application et entrain, avoir en quelque mesure atteint mon but ; j'espère que ce Manuel, dont je ne puis, vu mon âge, retarder la publication et que je considère comme l'œuvre littéraire la plus considérable de ma vie, obtiendra un accueil favorable et une appréciation bienveillante. »

Si jamais homme fut capable de remplir le programme gigantesque qu'il s'était imposé en connaissance de cause, et avec les qualités requises pour le faire avec succès, cet homme était notre vénéré compatriote de Zurich. Astronome dans l'acception la plus étendue du terme, en pratique et en théorie, et à côté de cela érudit consommé, se tenant avec une conscience infatigable au courant de tout ce qui concerne l'histoire de sa science, publiant sans relâche des notices sur toutes les découvertes qu'une active investigation lui suggérait, ainsi que des livres propres à l'enseignement dans les diverses branches des mathématiques, nul n'était plus apte à poursuivre le but

qu'il nous dit s'être proposé et que ses lecteurs ne manqueront pas de trouver pleinement atteint dans cette belle œuvre.

Le premier demi-volume que nous avons sous les yeux, contenant 384 pages de texte serré, avec de nombreuses figures explicatives, donne déjà une idée de la grandeur de l'entreprise. On va en juger.

Après la définition du but de l'astronomie et un résumé succinct, en cinquante pages, de son histoire, de l'antiquité la plus reculée jusqu'à nos jours, qui ne pouvait être fait plus judicieusement que par l'auteur du volume *Geschichte der Astronomie*, paru à Munich en 1877, nous trouvons les préliminaires obligatoires à son étude.

Et d'abord les mathématiques, la science des nombres et de l'étendue, l'arithmétique et la géométrie, leurs bases philosophiques, l'historique sommaire de leur développement et de leurs opérations. Les traités élémentaires de ces branches essentielles de toute recherche abstraite de l'esprit humain peuvent donner des explications plus détaillées, plus étendues des théorèmes et des formules dont l'usage est incessant dans la pratique; aucun ne renferme, dans un compendium aussi condensé, les phases par lesquelles a passé la science et les résultats qu'elle a atteints, depuis les premières règles du calcul jusqu'aux ressources supérieures des découvertes de Newton, de Leibnitz, de leurs émules et de leurs successeurs. Les ouvrages traitant de ces matières sont tous mentionnés, à quelque pays, à quelque siècle qu'ils appartiennent, depuis les anciens Grecs et Égyptiens jusqu'aux livres de l'époque actuelle.

Une connaissance intime de son sujet permet parfois à

l'auteur des revendications sévères en faveur de savants, mal jugés par tel de nos contemporains, et à qui l'honneur de certaines découvertes revient aux dépens de celui dont le nom y est resté attaché. Ainsi, à propos des logarithmes, auxquels le nom de Neper est toujours lié, trouvons-nous le nom de Bürgi, vertement réhabilité en vue de Biot, qui, dans son analyse des ouvrages de Napier, parle d'un « mathématicien obscur du continent, appelé Byrge, qui, comme sans doute beaucoup d'autres, » a fait des essais pour accourcir les calculs numériques.

Le troisième chapitre du volume renferme ainsi, en 88 pages, la partie arithmétique et algébrique de l'ouvrage; le quatrième est consacré à la géométrie. Il part de Thalès, d'Euclide et d'Archimède, pour nous faire passer en revue tous les grands noms de la science sans laquelle l'accès à l'Académie de Platon était interdit, et à propos de laquelle Copernic a choisi, pour épigraphe de son livre immortel *De revolutionibus*, etc., la devise : Ἀγνώμεντος οὐδεὶς εἰσέρω. Impossible d'analyser ici l'abrégé donnant, dans 122 pages, l'historique et la substance des diverses branches de ce vaste sujet : goniométrie, trigonométrie plane et sphérique, géométrie analytique à deux et à trois dimensions, chorographie, etc.

Le chapitre sur la mécanique est plus court, 24 pages. Quelques anciens en ont indiqué les premiers principes, ainsi Archimède, Stevin, Galilée, Huygens, mais elle ne devient science exacte que dans les temps modernes, et le premier traité qui en est rédigé porte le nom de Varignon, Paris, 1687. L'illustre livre de Lagrange, la *Mécanique analytique*, est plus tard à la base de toutes les grandes découvertes astronomiques de notre siècle. Le détail de la marche d'une étude qui s'est produite et se continue

de nos jours sort du cadre du présent manuel, qui ne mentionne que quelques principes de ses deux vastes subdivisions, la statique et la dynamique. Lorsque viendront les chapitres traitant des mouvements des astres, leurs formules seront à chaque instant invoquées et développées.

Le sixième chapitre renferme les notions de physique indispensables plus que jamais aujourd'hui à tout prétendant aux études astronomiques. L'optique est, depuis trois siècles, liée intimement à son extension; le pendule est du ressort de la physique terrestre, le baromètre, les phénomènes de la réfraction, toute la météorologie également, et, à l'époque actuelle, aucune opération pratique ne peut presque se passer du secours des dernières découvertes en photographie, en spectroscopie et en électricité. L'union des deux sciences, qui était autrefois moins étroite, tend à le devenir toujours davantage. Ne voyons-nous pas des observatoires astro-physiques se fonder par les États et par les particuliers? Nous en savons les raisons; inutile d'y insister ici. Aussi les cent pages d'exposé savant et correct de notre manuel pourront-elles paraître à aucuns insuffisantes lorsqu'ils auront à se repérer dans certaines situations pratiques. Mais comment résumer la science qui, dans notre demi-siècle, a fait les pas de géant que l'on sait! Il leur faudra l'aide d'un manuel spécial de physique, et ils en trouveront, quittes à le renouveler fréquemment, à cause de ses incessants progrès. Y en a-t-il, en langue française, où ils rencontreront, par exemple, l'indication de Kepler comme inventeur du télescope astronomique? Non pas que cet homme de génie soit parvenu à construire l'appareil que son compatriote Scheiner exécuta quelques années plus tard; mais il avait



publié, dès 1644, des travaux de dioptrique prouvant qu'il se rendait compte de l'effet des diverses lentilles, découvertes en Hollande, et de leurs combinaisons pour la production des images.

Ici se termine la partie publiée de l'œuvre, dont notre maigre résumé donne une idée très imparfaite. Grâce au sommaire dont il est précédé, nous pouvons indiquer la distribution de sa substance essentielle, dont le volume que nous avons en mains ne renferme que les prolégomènes.

Le second livre aura pour titre : *Introduction à l'astronomie*, et se compose également de six chapitres, qui prennent rang après ceux du premier :

- VII. Les premières mensurations.
- VIII. Les étoiles fixes et les planètes.
- IX. La Terre et la Lune.
- X. Le système solaire.
- XI. Les mondes.
- XII. La mesure du temps.

Le troisième est consacré à la *Théorie des instruments et des mesures*, avec les chapitres suivants :

- XIII. La théorie des instruments.
- XIV. Les mesures absolues.
- XV. Les mesures relatives.
- XVI. La géodésie.
- XVII. L'influence et la détermination de la parallaxe et de la réfraction.
- XVIII. La théorie des éclipses et des occultations.

Le quatrième contient la *Mécanique et la physique célestes*, et se subdivise sous les titres qui suivent :

XIX. La loi de gravitation et ses conséquences.

XX. Le Soleil.

XXI. Les planètes, leurs satellites et anneaux.

XXII. Les étoiles filantes et les comètes.

XXIII. L'astronomie stellaire.

XXIV. Les systèmes stellaires.

Cette énumération de titres, ne différant guère de celle de tout traité général d'astronomie, ne rend point compte de la nouvelle publication. Il faut, pour en comprendre la portée, avoir scruté la valeur magistrale d'un texte subdivisé en 640 paragraphes successifs, accompagnés chacun d'une justification étendue, donnant les développements mathématiques, historiques et bibliographiques de son contenu. Il y a là tout un monde d'enseignements et de renseignements absolument sûrs, réunis avec une sagacité remarquable, après une carrière prolongée d'activité et de recherches, par un des savants les plus compétents de notre siècle. Aussi son livre a-t-il sa place assurée dans toute bibliothèque scientifique.

E. G.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## PHYSIQUE

G. STADLER. BESTIMMUNG DES ABSOLUTEN WÄRMELEITUNGS VERMÖGENS..... DÉTERMINATION DE LA CONDUCTIBILITÉ CALORIFIQUE ABSOLUE DE QUELQUES ROCHES. Thèse, Berne, 1890.

Les corps à étudier sont taillés sous la forme de cubes de 5 à 6 centimètres de côté, chauffés à 30 ou 40° dans une étuve, puis introduits dans un courant d'eau froide. On déduit le coefficient de conductibilité de la marche du refroidissement donnée par une soudure thermo-électrique cuivre-maillechoir placée en un point convenablement choisi de l'intérieur de ces cubes, et de la chaleur spécifique obtenue à la manière ordinaire par le calorimètre à eau.

Les valeurs trouvées pour le coefficient de conductibilité sont comprises entre 0,1822 pour une molasse peu compacte et 0,5260 pour un calcaire du Jura. Elles varient du reste notablement pour une même roche avec la provenance et la composition.

C. S.

---

P. BACHMETJEW (à Zurich). ENTSTEHUNGS URSACHE..... SUR LA CAUSE DES SONS PRODUITS PAR L'AIMANTATION INTERMITTENTE DES MÉTAUX MAGNÉTIQUES. (*Repertorium der Physik*, 1890, XXVI, 137-145.)

Il résulte des expériences rapportées dans ce travail que

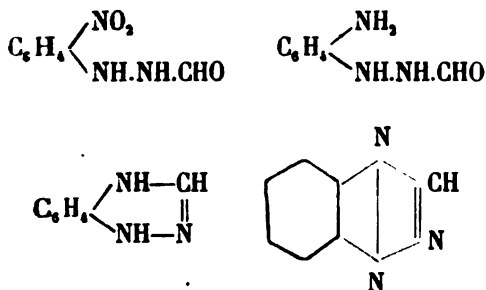
les sons dont il s'agit semblent devoir être attribués aux variations de longueur que les métaux magnétiques subissent sous l'influence de l'aimantation.

Un barreau de fer s'allonge lorsqu'il est aimanté et rend un son par une aimantation intermittente. Ces deux effets croissent avec l'aimantation. Si le barreau est soumis à une tension graduellement croissante, ces deux effets diminuent progressivement, s'annulent pour une tension suffisante; puis, la tension augmentant toujours, l'allongement se change en un raccourcissement et les sons réapparaissent. C. S.

## CHIMIE

Aug. BISCHLER. ORTHONITROPHÉNYLHYDRAZINE. (*Berichte*, XXII, p. 2801, Zurich.)

L'orthonitrophénylhydrazine se transforme par réduction en  $\alpha$  phentriazine, probablement suivant le schéma



quoiqu'on ne puisse isoler les produits intermédiaires.

L' $\alpha$  phentriazine forme des aiguilles jaunes fusibles à 65°-66°, elle est volatile avec les vapeurs d'eau et bout vers 235°-240°. L' $\alpha$  phenméthyltriazine  $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3$  fond à 88°-89°, toutes deux ressemblent par leur odeur aux alcaloïdes.

## GÉOLOGIE

**Dr G. STEINMANN. ELEMENTE DER..... ÉLÉMENTS DE PALÉONTOLOGIE, avec le concours du Dr L. Döderlein, 848 p. in-8° avec 1030 grav. (Leipzig, 1888-90, W. Engelmann.)**

Il vient de paraître, sous ce titre, un ouvrage de 850 pages in-8°. D'un arrangement exquis, il contient ce qui est le plus nécessaire pour l'étudiant en paléontologie et pourra être consulté utilement aussi par les savants.

Les auteurs, qui sont des spécialistes bien connus, ont réussi à donner, dans un groupement simple et lucide, les parties essentielles de la paléontologie. De haut intérêt sont les nombreux résumés de géologie géographique sur la distribution des groupes principaux de fossiles.

Limité en étendue, l'ouvrage ne peut contenir que la description des genres d'une certaine importance, soit paléontologique, soit stratigraphique. Il se borne à indiquer quelques espèces typiques pour chaque genre. Mais le choix des matières est très heureux, les 1000 dessins sur bois sont exécutés avec beaucoup d'élégance et souvent d'une exactitude admirable.

Dans les livres de ce genre, les vertébrés sont souvent traités très sommairement. L'ouvrage de MM. Steinmann et Döderlein, au contraire, leur accorde, à juste titre, une large place (presque la moitié du texte et 400 dessins), vu leur importance biologique. Les auteurs ont pris surtout en considération les recherches américaines (de Cope en particulier) sur la phylogénèse des mammifères. C'est ici que l'ouvrage excelle et dépasse avantageusement les traités analogues.

Ce livre rendra de très bons services et nous espérons en voir un jour une traduction française.

Dr BERTSCHINGER.

# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

## SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

A LAUSANNE

---

*Séance du 19 février 1890.*

Renevier, prof. : 1° Forêt silicifiée d'Arizona; 2° Phosphorites de Bessarabie;  
3° Disque gypseux de la Veveyse.

M. le prof. RENEVIER montre une section de 12 centimètres de diamètre d'un petit tronc silicifié du territoire d'Arizona (États-Unis), et deux photographies de la forêt pétrifiée dite *Chalcedony Park*, dont il y avait de si beaux spécimens à l'Exposition de Paris. Ce remarquable phénomène naturel se trouve à 40 milles S-E. de Holbrook, dans le Apache County. Les photographies montrent des troncs silicifiés de toutes dimensions, gisant dans toutes les positions, au milieu de cendres volcaniques, paraît-il. Ces troncs sont silicifiés en agate de vives nuances, et présentent la structure ligneuse, admirablement conservée, avec les cercles annuels et l'écorce. D'après les auteurs américains, ils se rapporteraient aux genres *Araucaria* et *Sequoia*.

M. le prof. RENEVIER communique les nouveaux renseignements qu'il a obtenus sur les nodules fibro-rayonnants du sud de la Russie, qu'il avait montrés dans une précédente séance.

M. Sigismond GORGERAT, qui avait bien voulu offrir ces échantillons au Musée, lui écrit ce qui suit de Nicolaïeff :

• Les phosphorites en boules proviennent de la propriété de M<sup>re</sup> Bielikovitch, district d'Ardiéieff, gouvernement de Bessarabie. Ces formations calcaires se trouvent en abondance sur plusieurs points de la Russie, dans des terrains marneux, avoisinant le cours des grandes rivières, et notamment du Deniestre et de ses affluents.

• Néanmoins, outre la propriétaire ci-dessus, il n'y a à ma connaissance que le général Koulomzine qui exploite régulièrement les phosphorites, sur la frontière des gouvernements de Kostroma et de Moscou.

• Dans ces deux propriétés, les phosphorites sont réduites en farine, qui constitue un richissime engrais, s'expédiant à de grandes distances. De temps en temps, les phosphorites de Bessarabie s'exportent à l'état brut, depuis Odessa, par voie de mer.

• Là où les couches de marne affleurent dans le thalweg des rivières, les phosphorites se trouvent à la surface du sol. Du reste, les gisements sont assez riches pour permettre de négliger toutes les couches se trouvant à plus de 1<sup>m</sup>,50 de profondeur.

• Les phosphorites russes sont d'une grosseur exceptionnelle en comparaison des américaines, Elles contiennent généralement 15 % d'acide pyrophosphorique, tandis que les américaines n'en contiennent guère que 3 %. Malgré cette pauvreté relative, l'exploitation est poussée beaucoup plus activement en Amérique qu'en Russie. »

D'autre part, M. le prof. E. CHUARD a bien voulu analyser la substance de ces nodules fibro-rayonnants, et a obtenu les résultats suivants :

Matière insoluble dans les acides (silice et silicates)...	4,26
Phosphate de calcium (avec un peu de magnésium)...	68,80
Carbonate de calcium et magnésium.....	25,96
Perte (eau et un peu de matière organique).....	0,98
	<hr/>
	100,00

C'est donc bien de la phosphorite, et même très riche; toutefois, la masse, n'étant pas très homogène, est probablement moins riche que les fragments choisis. Les nodules reçus pour le Musée mesurent 7 cm. et 13 cm. de diamètre.

M. le prof. RENEVIER communique ce qui suit au sujet de *disques gypseux de la Veveyse de Châtel* :

« Il y a déjà plusieurs années que j'avais reçu d'un pourvoyeur de fossiles de petits disques grisâtres translucides, provenant du néocomien de Châtel-St-Denis, où ils se trouvent assez abondants dans une couche marno-schisteuse contenant des *Ammonites* et des *Aptychus*.

« Ces corps m'avaient intrigué, et je me figurais qu'ils devaient être organiques ; toutefois M. G. Maillard, alors qu'il était préparateur au Musée, les avait examinés au microscope, et n'avait pu y trouver aucune trace de structure organique.

« L'automne passé, à la réunion de Lugano, j'en parlai occasionnellement à M. le prof. G. Steinmann, de l'Université de Fribourg en Brisgau, qui m'engagea à lui en envoyer, et qui, après étude microscopique, m'écrivit qu'il n'y voyait non plus rien d'organique.

« En fin de compte, je priai M. le prof. E. Chuard de bien vouloir analyser un de ces disques, pour savoir au moins quelle est leur composition. Celui-ci a constaté que c'est du *sulfate de calcium hydraté*. Mais, dans la gangue marno-schisteuse, il a reconnu des traces de sulfate, de phosphate et de *matières organiques azotées*, en petite quantité, assez cependant pour qu'on puisse nettement constater l'azote, comme ammoniacque.

« M. Chuard ajoute que ce fait permet de supposer que les disques gypseux peuvent avoir été d'origine organique, alors même que leur substance organique a disparu.

« J'ajoute que ces disques, très nombreux dans la couche, mesurent de 5 à 20 mm. de diamètre, avec une épaisseur de  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  millimètre. Ils sont translucides, très fragiles, un peu plus épais au centre, avec un petit mamelon médian, parfois pyriteux. »



# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

---

*Séance du 20 février 1890.*

Gosse et Duparc. Sidérolitique du Salève. — Th. Turrettini. Régularisation du niveau du lac de Genève. — Sarasin et de la Rive. Résonance multiple des ondulations électriques. — R. Gautier. Observations de M. Schiaparelli sur la planète Mercure. — A. Rilliet. Mémoires de la Société.

MM. le prof. Gosse et L. DUPARC complètent la communication antérieure *sur le sidérolitique du Salève* et disent quelques mots d'une nouvelle grotte qu'ils ont eu l'occasion de visiter ensemble, Elle est située dans les premières parois crétacées du petit Salève au nord de Monnetier. Cette grotte, ou plutôt cette excavation, présente la forme d'une voûte dont la courbure correspond à peu près à l'inclinaison des couches de la montagne. Rétrécie à sa partie supérieure, elle s'élargit vers le bas jusqu'au sol, qui est disposé en forte pente. La hauteur en est de 8 à 9 mètres, la profondeur de 10 à 12. Le fond est occupé par une bande de sable siliceux de deux mètres d'épaisseur environ, qui se distingue immédiatement par sa couleur du calcaire environnant. Ce sable siliceux, ferrugineux par places, correspond absolument aux sables sidérolitiques de Cruseilles, avec lesquels il doit être identifié. Il est séparé du calcaire compact, dans toute sa partie supérieure,

seulement par une mince bande d'un tuf calcaire argileux très friable. Il est évident que cette grotte remplie est le reste d'un filon sidérolitique analogue à ceux qu'on voit dans la grande gorge et à la cluse du pont de la Caille. Le remplissage s'est-il effectué de l'extérieur à l'intérieur ou vice versa ? Les deux hypothèses sont également plausibles, la deuxième paraît cependant plus probable.

M. TURRETTINI expose les résultats constatés en 1889 pour la *régularisation du niveau du lac de Genève* en se basant sur les observations limnimétriques faites à Sécheron par M. Phil. PLANTAMOUR <sup>1</sup>.

M. SARASIN au nom de M. DE LA RIVE et en son nom résume les principaux résultats obtenus par ces Messieurs dans leurs recherches sur la *résonance multiple des ondulations électriques* <sup>2</sup>.

M. R. GAUTIER rend compte des très curieuses observations de M. Schiaparelli sur la *planète Mercure*.

M. RILLIET présente à la Société le tome XXX, seconde partie de ses *Mémoires* qui vient de paraître et qui contient :

1. Note sur les mouvements des corps électrisés, par M. Ch. Collier.
2. Locustides nouveaux ou peu connus, par M. Alph. Pictet.
3. Contributions à la Flore du Paraguay. Supplément n° II. Légumineuses, par M. M. Micheli.
4. Contributions à la Flore du Paraguay. Supplément n° III. Polygalacées, par M. R. Chodat.
5. Diatomées fossiles du Japon, par MM. J. Brun et J. Tempère.

<sup>1</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIII, p. 161.

<sup>2</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIII, p. 113.

*Séance du 6 mars.*

Müller. Travaux sur les Lichens. — Duparc et Picinelli. Serpentine du pfaesse. — Th. Flournois. L'audition colorée.

M. MÜLLER parle des *Lichens* qui croissent sur les fens et qui sont très abondants dans les pays chauds. Ils sont généralement fort petits et ont donc été négligés bien longtemps. Ce n'est qu'en 1824 que le prof. Fée, de Strasbourg en publia une première série de 14, en les figurant et en décrivant avec soin. De ces 14 il faut cependant défalquer pour dimorphisme de fructification et pour formation a male. Dans les années suivantes jusqu'à 1855, l'illustre M. tagne de Paris en publia 11, qui, pour raison de l'exclusion de 2 champignons et de réduction de 2 espèces, ne représentent réellement que 7 espèces légitimes. Nylander, Tucker et Leighton, en 1858, 1864 et 1866, en ont ajouté ensemble 4 espèces, ce qui porte le total à 21. Un travail plus important parut en 1874, dans lequel une suite de 24 Lichens épiphylls de Bornéo, rapportés par le Dr Beccari, furent publiés par le Dr Krempelhuber, de Munich. Mais 4 de ces Lichens étaient déjà connus, 2 sont de simples synonymes d'espèces déjà publiées, une espèce (très commune d'écorce) n'est épiphyll qu'occasionnellement et une autre rapportée en réalité aux champignons, en sorte que le total de ces 24 espèces se réduit à 16. Ensuite, de 1881 à 1884, le Dr Stirton, à Glasgow, à différentes reprises, a publié des Lichens épiphylls du bassin des Amazones, de la Nouvelle Zélande et de l'Australie, au nombre de 30, réduisant aujourd'hui à 28. Quelques-uns de ces 28 ne sont pas assez solidement établis, leur place générique me paraissant étant douteuse, ce qui fait prévoir encore d'autres réductions.

Il résulte de cette revue, qu'en 1884 on connaissait environ 65 espèces épiphylls distinctes, mais à cette époque leur nombre semblait plus grand, car les réductions de ce genre est question plus haut, n'ont été établies que plus tard.

l'étude faite à nouveau que M. Müller a pu faire sur les originaux des auteurs, à l'exception de ceux de Stirton.

En 1881 et 1885, M. Müller a lui-même publié, dans ses *Lichenologische Beiträge*, un total de 71 espèces épiphyllées nouvelles, tout en ne comptant que les espèces exclusivement épiphyllées, abstraction faite des sous-espèces. Ces Lichens provenaient de tous les pays des régions chaudes.

M. Müller parle ensuite de son dernier travail sur ce même sujet, qui roule presque entièrement sur des Lichens épiphyllées brésiliens, fournis par MM. Puiggari, Glaziou et Ule. Ces matériaux ont été immensément riches, car il y avait environ 500 numéros, parmi lesquels se sont retrouvées non seulement les espèces publiées antérieurement dans les *Lichenologische Beiträge*, mais aussi une grande partie des espèces plus anciennes des autres auteurs, et en outre une nouvelle série de 55 espèces nouvelles, ce qui porte à 126 le nombre des espèces épiphyllées nouvelles publiées par M. Müller.

D'un grand intérêt est en outre le fait, que ce travail a donné lieu à l'établissement de 12 genres nouveaux, et plus intéressant encore est la découverte d'une fructification nouvelle que M. Müller appelle *Orthidium*, par analogie à *Campylidium*. Elle a le réceptacle gymnocarpique (biatorinique) et droit, le thalamium est basidiosporique, les acrospores sont unicellulaires. C'est, si l'on veut, un *Campylidium* orthotrope ou atrope. Les diverses formes de fructification des Lichens sont donc : 1° l'*Apothecium* (angiocarpique et gymnocarpique) avec les *acrospores*, 2° le *Spermogonium* avec les *Spermaties*, 3° les *Pycnides* avec les *Stylospores*, 4° l'*Hormospora* (sans réceptacle), 5° le *Campylidium* et 6° l'*Orthidium* avec les *acrospores*. C'est le premier qui est le fruit par excellence et qui joue son grand rôle dans la classification des Lichens.

MM. DUPARC et PICCINELLI présentent à la Société la communication suivante sur la *Serpentine du Geisspfadsee dans la vallée de Binn*.

Cette vallée, bien connue des minéralogistes, est, comme on le sait, une des dernières vallées latérales du haut Valais.

Les différentes formations géologiques qui s'y rencontrent se rattachent d'une part aux schistes lustrés, qui y acquièrent un développement considérable, et d'autre part aux gneiss qui constituent les principaux sommets de la vallée et qui présentent différents types sur lesquels ces messieurs auront à revenir. Parmi les éboulis et les cailloux roulés de la vallée on remarque certains blocs d'une belle serpentine, blocs qui proviennent tous d'un gisement situé dans les gneiss à l'endroit appelé Geisspfad, du nom du lac qui s'y trouve. Ce gisement, peu étendu, est cependant la source certaine d'une grande partie des blocs erratiques de serpentine qui se rencontrent dans le haut Valais.

Les échantillons qu'ils ont étudiés proviennent de différents points du gisement et ont été récoltés lors d'une excursion effectuée l'an dernier. Ces échantillons présentent certaines différences, soit quant à leur couleur, leur homogénéité et leur dureté. Cependant, à l'exception d'un seul, pris sur la route du Geisspfad, ils ont une composition très constante, qui se rapproche beaucoup des autres serpentines, mais qui est intéressante par la présence du chrome en assez grande quantité. La moyenne, prise sur quatre analyses différentes, leur a donné

SiO <sub>2</sub>	=	39.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	4.29
FeO	=	5.54
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2.06
CaO	=	2.15
MgO	=	33.90
H <sub>2</sub> O	=	11.19
<hr/>		
101.31		

Ces serpentines sont solubles dans les acides presque entièrement; elles fondent difficilement; en tube fermé elles dégagent de l'eau et noircissent. L'une d'entre elles a donné un peu d'acide carbonique (0,60), les autres en sont exemptes.

M. Théod. FLOURNOY fait une communication *sur l'audition colorée*.

On sait qu'il y a des personnes chez lesquelles certaines perceptions auditives s'accompagnent spontanément de l'image plus ou moins nette d'une couleur. Ce fait, qui se rattache à tout un ordre de relations encore peu étudiées entre les divers domaines de la sensation, n'est pas si rare qu'on pourrait le croire, du moins à ses degrés faibles.

Pour ne parler ici que de la coloration des *voyelles*, sur les 61 individus que j'ai interrogés, un peu plus de la moitié sont étrangers à ce phénomène ou n'en offrent que des traces douteuses. En revanche une vingtaine, qui ne l'avaient point remarqué jusque-là, ont fourni après quelque réflexion des réponses précises et catégoriques; et il s'en est trouvé 8 autres qui d'eux-mêmes avaient été depuis longtemps déjà frappés de la couleur des sons. Chez ces privilégiés, la sensation colorée (sans aller jusqu'à l'hallucination et l'objectivation externe, comme quelques observateurs en ont publié des exemples) atteint un grand degré de vivacité et s'impose souvent à eux contre leur gré; quelques-uns, ayant dépassé la trentaine, sont maintenant moins sujets à ces impressions, mais ils se souviennent d'en avoir été obsédés dans leur jeunesse et de s'être attiré par là les moqueries d'un entourage incrédule.

Les couleurs attribuées aux divers sons varient beaucoup d'un individu à l'autre. Toutefois, en réunissant les statistiques de Fechner (Leipzig 1876) et de Bleuler et Lehmann (Zurich 1881), on dispose pour chaque voyelle (sauf l'U français) de plus de cent cas qui permettent de formuler les règles suivantes, intéressantes lorsqu'on les rapproche des expériences de König sur la hauteur des voyelles :

OU et O (voyelles graves) ne sont jamais blancs, et revêtent volontiers des teintes foncées. — E et I (voyelles élevées) ne sont jamais noirs et ont de préférence des couleurs claires. — A (intermédiaire) est presque toujours blanc, noir, rouge ou bleu.

Les 15 à 20 cas que j'ai réunis jusqu'ici pour chaque voyelle se conforment *en gros* à ces règles; pourtant ils renferment trois I noirs et quatre O blancs; — et les quelques observations publiées en France diffèrent également en cela des statistiques allemandes.

L'audition colorée est loin d'être expliquée. Elle a sans doute des causes multiples, parmi lesquelles figurent peut-être au premier rang certaines analogies dans l'élément affectif, émotionnel, inhérent à toutes nos sensations même les plus objectives en apparence comme celles de la vue et de l'ouïe.

*Séance du 20 mars.*

D<sup>r</sup> Girard. Du rôle du cerveau dans l'acte respiratoire.

M. H. GIRARD expose le résultat d'expériences qu'il a faites en vue de déterminer aussi exactement que possible le rôle que l'on peut légitimement attribuer au cerveau dans l'acte respiratoire.

Toute excitation électrique, chimique, thermique ou mécanique d'éléments nerveux sensitifs ou sensoriels, centraux ou périphériques, peut altérer d'une façon ou d'une autre la forme normale de la respiration; et par conséquent une partie quelconque de l'axe cérébro-spinal, contenant des éléments sensitifs, peut modifier temporairement le rythme ou la puissance des mouvements respiratoires, sans être pour cette raison un véritable *centre respiratoire*.

C'est précisément le cas de la région qu'a explorée M. *Christiani* (tubercules quadrijumeaux antérieurs), où se trouvent en particulier des fibres de l'appareil optique, et celle qu'ont décrite MM. *Martin* et *Booker*, où l'on rencontre d'autres fibres sensitives. Ces expérimentateurs ont excité des voies centripètes, et non pas des centres.

Lorsqu'il s'agit de localiser un centre quelconque, les excitations électriques constituent un moyen d'investigation défectueux, les expériences destructives ont seules une valeur réelle.

*Legallois* avait déjà constaté que des animaux excérébrés respirent encore pendant plusieurs heures, si l'hémorragie qui accompagne toujours cette opération n'a pas été trop abondante. La respiration normale ne dépend donc ni du

cerveau antérieur, ni du cerveau intermédiaire, ni du mésencéphale, ni du cerveau postérieur. On peut même constater encore un certain nombre de mouvements respiratoires du tronc après l'ablation de la protubérance et de la partie céphalique de la moelle allongée.

Mais il semble résulter de travaux faits récemment dans le laboratoire de physiologie de l'Université de Berne que les tubercules quadrijumeaux postérieurs auraient sur la respiration une influence spéciale. *M. Marckwald* s'est assuré, comme tous ceux qui ont fait des expériences dans ce domaine, que l'on peut extirper tout le cerveau à un animal intact auparavant, sans compromettre gravement sa respiration; mais au cours de ces recherches laborieuses, il a cru voir qu'il n'en était pas de même lorsqu'il avait préalablement sectionné les deux nerfs pneumogastriques, qui constituent, chacun le sait, les voies centripètes les plus importantes de la respiration. Pour éviter l'hémorragie de l'excérération, *M. Marckwald* a injecté de la paraffine chaude dans les artères cérébrales d'un certain nombre d'animaux (lapins) auxquels il coupait ensuite les deux vagues et dont il observait la respiration jusqu'à leur mort; à l'autopsie, il déterminait les territoires encéphaliques dont l'injection de paraffine avait supprimé l'activité; il est arrivé ainsi à la conclusion qu'après la section des nerfs pneumogastriques et l'élimination de la plus grande partie du cerveau, la respiration peut conserver son rythme dans tous les cas où les tubercules quadrijumeaux postérieurs sont restés intacts, mais que lorsque les tubercules quadrijumeaux postérieurs ont été aussi mis hors de combat, l'animal n'a plus jusqu'à sa mort que des spasmes respiratoires n'offrant aucune analogie avec la respiration normale. Ces spasmes seraient réguliers quand les noyaux sensitifs du trijumeau sont conservés, et irréguliers quand ces noyaux sont détruits. Les tubercules quadrijumeaux postérieurs auraient donc le pouvoir de suppléer les nerfs pneumogastriques dans la régulation de la respiration; il y aurait dans les tubercules quadrijumeaux postérieurs un appareil prêt à fonctionner lorsque les deux nerfs pneumogastriques ont été sectionnés.

*M. Girard* a institué sur des lapins une nouvelle série d'ex-



périences en adoptant un procédé opératoire plus simple plus régulier, à son avis. Après avoir coupé les deux nerfs vagues, il a divisé complètement la moelle allongée un peu en arrière de la ligne de jonction du bulbe et de la protuberance; cette opération, pratiquée à l'aide du thermocautère de Paquelin chauffé au rouge sombre, ne provoque qu'une très faible perte de sang et interrompt absolument toute communication entre les centres respiratoires et le cerveau. Comme M. Marckwald, M. Girard a vu dans un certain nombre de cas, après l'élimination des nerfs vagues et des voies encéphaliques, des spasmes respiratoires persistants jusqu'à la mort de l'animal, mais il croit que c'est là un phénomène d'irritation, car plusieurs animaux n'ont pas présenté cet état convulsif, et chez quelques-uns les convulsions du début ont cédé la place, au bout d'un certain temps, à une respiration tout à fait régulière.

M. Girard présente quelques tracés de la respiration chez des lapins sur lesquels il a expérimenté et formule la conclusion suivante : l'appareil respiratoire central du bulbe est, après la section des vagues, encore parfaitement capable d'entretenir le rythme normal de la respiration, même lorsque les communications avec l'encéphale ont été coupées.

Il est à remarquer que, chez les animaux excérés, la respiration se ralentit d'abord très sensiblement; mais au bout de quelque temps les mouvements respiratoires s'accroissent et acquièrent même parfois une fréquence exagérée. L'élimination du cerveau ne modifie donc que temporairement la fréquence de la respiration; sous le rapport de l'influence qu'il peut exercer sur l'acte respiratoire, le cerveau ne diffère probablement en rien des autres organes doués de sensibilité.

M. Girard considère aussi comme malheureuses les tentatives qui ont été faites de localiser des centres respiratoires dans l'écorce cérébrale. D'après MM. Schiff, Munk, Lucien Horsley, la zone rolandique n'a pas une fonction exclusivement motrice; la plupart des physiologistes ne comprennent pas les centres dits moteurs qu'en y faisant arriver des voies centripètes ou intercentrales sensitives ou sensorielles, et les troubles de la respiration, très variables d'ailleurs, que l'on

peut déterminer par l'excitation électrique de cette zone sont évidemment d'ordre réflexe.

Il est certain que les *muscles respiratoires* (qui sont aussi utilisés dans d'autres actes physiologiques) sont plus ou moins subordonnés aux centres encéphaliques, comme tous les muscles volontaires; mais la *respiration normale* est absolument indépendante de notre volonté et aucun des faits cités n'autorise à localiser des centres respiratoires proprement dits dans les circonvolutions cérébrales.

En résumé, M. Girard admet que la respiration physiologique est régie uniquement par le bulbe et que les seuls véritables centres respiratoires sont ceux de la zone de Legallois.

### *Séance du 3 avril.*

C. de Candolle. Sur les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique dans la caryocinèse. — O. Asp. Étude mathématique des diademes par torsion. — Micheli. Bulletin météorologique. — Th. Lullin. Mouvements qui se produisent dans l'étalement d'une goutte d'eau. — Duparc et Baeff. Étude du régime de l'Arve.

M. C. de CANDOLLE rend compte des expériences par lesquelles M. ERRERA<sup>1</sup> a démontré que les aimants sont sans action sur la *caryocinèse*, autrement dit sur la segmentation du noyau dans les cellules. Il rappelle d'abord que le prof. Strassburger<sup>2</sup> a découvert, il y a quelques années, que les poils staminaux du *Tradescantia virginica* conservent leur vitalité pendant douze heures, et même pendant plus longtemps encore, lorsqu'on les maintient dans une solution aqueuse de sucre de canne contenant 1 % de sucre. Dans ces circonstances, les poils continuent à s'allonger par le dédoublement régulier de leurs cellules, ce qui permet d'observer sous le microscope la segmentation de leurs noyaux directement et sans avoir recours à aucun réactif, par conséquent dans des circonstances tout à fait normales.

<sup>1</sup> Bull. Soc. bot. Belgique, février 1890.

<sup>2</sup> Sitz. bericht. d. Jenaischen Gesellsch. für Medicin und Naturwiss., 1879.

C'est cette méthode qui a été utilisée par M. Errera. Il n'a eu pour cela qu'à placer les cultures de poils de *Tradescantia* dans le champ d'un électro-aimant dont il pouvait faire varier la position et la puissance. Or, il est résulté de ses nombreux essais que le voisinage de l'électro-aimant n'a produit aucun trouble, aucune modification dans les phases de la segmentation des noyaux et l'orientation des nouvelles cloisons cellulaires.

Non seulement ce résultat négatif prouve que l'orientation des granulations du protoplasme n'est pas influencée par le magnétisme, mais il montre aussi que cette orientation elle-même ne saurait, à l'état normal, résulter de phénomènes électriques, qui se passeraient dans la masse protoplasmatique, comme plusieurs histologistes éminents l'ont soutenu. En effet, la marche de ces phénomènes ne manquerait pas, dans ce cas, d'être modifiée sous l'influence des aimants. Cela étant, on se demande avec M. Errera à quelle cause on devra dorénavant attribuer les groupements des particules qui donnent lieu aux figures qui se dessinent à la surface du noyau et dans la masse protoplasmatique pendant la caryocinèse. Ceci amène M. C. de Candolle à rappeler qu'il a, déjà en 1883<sup>1</sup>, cherché à rattacher ces phénomènes à celui de la formation des rides à la surface des matières visqueuses sous l'action du frottement des liquides. De nouvelles expériences l'ont confirmé dans l'opinion que cette action doit être pour beaucoup dans l'orientation des substances en suspension dans le protoplasme ou qui s'en séparent pour se déposer contre les parois des cellules. Lors de ses premières recherches, il n'avait encore réussi à produire les rides en question que sous l'influence d'un frottement qui agissait alternativement dans deux sens opposés, ou dans un seul sens, mais d'une manière intermittente. Il est parvenu maintenant à provoquer la formation de rides rayonnantes à la surface du goudron par un frottement continu de l'eau qui recouvre sa surface. La rotation de la couche d'eau à la surface du goudron s'obtient au moyen d'un dispositif semblable à celui

<sup>1</sup> Arch. Sc. phys. et nat., 3<sup>e</sup> période, t. IX, p. 241.

qu'à employé M. le prof. Colladon <sup>1</sup> pour imiter le phénomène des trombes. Le moulinet de l'appareil est remplacé par une aiguille coudée dont la branche verticale plonge dans l'eau et lui imprime un mouvement rotatoire continu. Enfin M. de Candolle attire l'attention de la Société sur les importantes recherches de M. le prof. Dr Zahn <sup>2</sup> relatives à la formation des rides fibrineuses d'origine pathologique. Ces rides prennent naissance dans les thromboses, les poches anévriques et en général dans tous les épanchements formés sous l'action des battements du cœur, par exemple dans les pleurésies et les péricardites. La structure ridée des dépôts de fibrine qui, dans les cas de ce genre, tapissent les parois des cavités d'épanchement, avait été de tous temps remarquée des physiologistes. Elle est même fort exactement figurée dans les anciens ouvrages d'histologie pathologique, mais la cause de cette structure était restée jusqu'ici inconnue. Or, M. le Dr Zahn, après en avoir fait l'objet d'une étude approfondie, est arrivé à la conclusion que cette cause réside dans le frottement rythmique du liquide contre la surface du dépôt fibrineux en voie de formation. Sans doute, il y a loin des cavités relativement grandes qui reçoivent les épanchements en question au calibre microscopique des cellules. Il est toutefois intéressant de noter que les faits observés par M. le Dr Zahn démontrent que le phénomène des rides de frottement peut se passer dans les êtres vivants sous l'action réciproque de matières organiques et au milieu de circonstances bien plus analogues à celles de la vie cellulaire que ne peuvent l'être les expériences de laboratoire. Aussi M. de Candolle trouve-t-il dans ces faits une indication favorable à son hypothèse concernant les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique.

M. O. Asse fait une communication sur l'explication géométrique des phénomènes de brisure des plaques de verre étudiés par MM. Duparc et Le Royer.

<sup>1</sup> *Arch. sc. phys. et nat.*, 3<sup>me</sup> part., t. XVII, p. 311.

<sup>2</sup> *Tagbl. d. 58 Versammlung deutsch. Naturforsch. und Aerzte*, Strasbourg, 1885; n° 4, p. 427.

Dans ces expériences sur les diaclasses par torsion, le phénomène constant semble être que les brisures se produisent à un angle de  $90^\circ$  et font avec l'axe de torsion un angle de  $45^\circ$ .

Pour expliquer ce phénomène, on peut se rapporter à ce qui se produit quand on tâche de donner une forme cylindrique à une plaque homogène. La surface cylindrique se brise suivant les lignes parallèles à l'axe, cela veut dire suivant des lignes perpendiculaires aux lignes de courbure minima. Une surface doit donc en général se briser suivant une direction perpendiculaire aux lignes de courbure minima. C'est ce qui a lieu, en effet, pour la surface engendrée par la plaque tordue dans l'expérience citée. La surface qui se forme peut être regardée comme engendrée par une ligne se déplaçant suivant l'axe de torsion, tout en tournant d'un angle proportionnel à la section parcourue le long de l'axe. L'équation de cette surface, que l'on appelle la surface hélicoïdale gauche, est :

$$z = \arctg \frac{y}{x}$$

L'expression des rayons de courbure est :

$$R = \frac{dx + pdz}{xp}$$

$$p = \frac{dz}{dx} \quad q = \frac{dz}{dy}$$

D'autre part, l'équation des lignes de courbure est :

$$\frac{dx + pdz}{dp} = \frac{dy + qdz}{dq}$$

Si l'on prend des coordonnées cylindriques, l'équation de la surface est :

$$z = b\omega, \quad x = r\cos\omega$$

$$y = r\sin\omega$$

on trouve les expressions suivantes :

$$dz = b d\omega$$

$$dx = -r \sin \omega \frac{dz}{b} + \cos \omega dr$$

$$dy = r \cos \omega \frac{dz}{b} + \sin \omega dr$$

$$p = -b \frac{b \sin \omega}{r}$$

$$q = \frac{b \cos \omega}{r}$$

$$dp = -\frac{b \cos \omega d\omega}{r} + \frac{b \sin \omega dr}{r^2}$$

$$dq = -\frac{b \sin \omega d\omega}{r} - \frac{b \cos \omega dr}{r^2}$$

L'équation des lignes de courbure se réduit à :

$$d\omega = \pm \frac{dr}{\sqrt{r^2 + b^2}}$$

En ayant égard à cette équation, l'on trouve :

$$R_1 = \frac{r^2 + b^2}{b}$$

$$R_2 = -\left(\frac{r^2 + b^2}{b}\right)$$

et l'équation de l'indicatrice sera :

$$1 = \frac{x^2}{R_1} - \frac{y^2}{R_1}$$

L'indicatrice est donc une hyperbole équilatère et les lignes de courbure répondent toutes les deux à des minima. D'autre part, les lignes de courbure font un angle de  $45^\circ$  avec les lignes asymptotiques, qui, dans ce cas-ci, sont les génératrices

et les lignes qui leur sont perpendiculaires, c'est-à-dire parallèles à l'axe de torsion. Les brisures faisant des angles de  $45^\circ$  avec l'axe de torsion, se trouvent donc identiques aux lignes de courbure, et comme ces dernières lignes correspondent à des minima, l'hypothèse que la surface se brisera suivant des directions perpendiculaires aux lignes de courbure minima, se trouve justifiée. Il serait à désirer que l'expérience puisse se poursuivre dans des cas où l'indicatrice de la surface formée par la torsion, soit une hyperbole non équilatère ou une ellipse.

M. Asp a été amené à ces considérations géométriques d'après les indications de M. L. de la Rive sur la nature probable du phénomène.

M. MICHELI annonce qu'à partir du 1<sup>er</sup> avril des bulletins météorologiques sont affichés contre le kiosque du tramway à la place du Molard. Le cadre renfermera les bulletins de Paris et de Zurich, et chaque jour, vers 4 heures de l'après-midi, il y sera joint une dépêche du bureau central de Zurich indiquant l'état général du temps et les prévisions pour le lendemain. C'est l'Observatoire qui s'est chargé de ce service, organisé par la Société auxiliaire des sciences et des arts.

M. C. de CANDOLLE décrit une expérience due à M. Théodore LULLIN et fournissant une indication des mouvements compliqués qui ont lieu dans une goutte d'eau au moment où elle s'étale en tombant sur un obstacle solide à surface plane et polie, telle qu'une plaque de verre. Le phénomène a déjà été étudié en détail, il y a quelques années, par M. A. Worthington <sup>1</sup>, à l'aide d'un dispositif ingénieux permettant de projeter une lumière instantanée sur la goutte à l'instant du choc. On y voit alors se former des ondes concentriques traversées par des sillons rayonnants. Or, M. Lullin a constaté que si la goutte tient en suspension des matières pulvérulentes insolubles, comme de la silice, du carbonate de

<sup>1</sup> *Proced. Roy. Soc.*, v. 25.

chaux, du minium, etc, ces poussières se déposent sur le verre en y dessinant un double système de lignes concentriques et rayonnantes. En desséchant ensuite la plaque et en l'enduisant d'un vernis transparent on peut fixer la matière ainsi déposée et la conserver indéfiniment dans la disposition qu'elle a prise en tombant. De cette manière, la goutte d'eau-enregistre en quelque sorte d'elle-même ses propres mouvements.

**MM. DUPARC et BAEFF** communiquent un premier aperçu sommaire du travail entrepris par eux sur *les eaux de l'Arve*. Chaque jour la vitesse de ce fleuve est mesurée à la surface par des flotteurs en prenant trois mesures, l'une au centre les autres dans les bords. Ces mesures s'effectuent entre le pont de St-Georges et la passerelle de la Jonction; chaque jour également il est pris la température de l'eau, la température ambiante, le niveau du fleuve au limnimètre de ladite passerelle, et enfin cinq litres d'eau qui est examinée ensuite au laboratoire, où l'on y détermine le degré de trouble par l'échelle déjà décrite, puis la quantité des matériaux contenus soit en dissolution, soit en suspension, calculés par mètre cube. Les résultats sont ensuite mis en graphique. Les opérations effectuées en janvier donnent en gros les résultats extrêmes suivants :

Vitesse.....	2,5 mètr. p. seconde	à	4,06
Niveau.....	4,65 m.	à	0,65
Température.....	+ 5	à	0
Opacité.....	1 1/2	à	11 1/2
Substances dissoutes par m <sup>3</sup> .	209	à	306
Substances en suspension....	0,8 gr. p. m <sup>3</sup>	à	1236,4

L'énorme disproportion qui existe entre les chiffres des matières en suspension de même qu'entre ceux des matières en dissolution résulte d'une forte crue d'hiver accusée du 21 au 27 avec maximum au 24. Pendant cette crue, comme du reste dans la suite, on constate 1° que la quantité des substances en suspension augmente très rapidement avec la hauteur du fleuve; mais cette augmentation ne se main-



tient pas, car, le niveau restant le même pendant plusieurs jours, le chiffre des matières en suspension décroît assez rapidement; 2° La quantité des substances en dissolution varie inversement à la hauteur du fleuve, le minimum étant obtenu avec le niveau le plus élevé.

Pendant les mois de février et mars, le régime du fleuve a été assez constant et donne les chiffres suivants :

	FÉVRIER.		MARS.	
Vitesse . . . . .	1,20 m. p. sec.	à 0,73	1,11 m. p. s.	à 0
Hauteur . . . . .	0,49	à 0,79	0,44	à 1
Température ...	+ 1	à + 9	0	à +
Opacité . . . . .	1 1/2	à 4 1/2	2	à 5
Subst. dissoutes.	290 p. m <sup>3</sup> .	à 332	318 p. m <sup>3</sup> .	à 3
Subst. en susp...	1,3 gr. p. m <sup>3</sup>	à 24,6	3,1 p. m <sup>3</sup> .	à 1

Cette étude se continue ; elle fera l'objet d'une plus ample communication.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1890

---

Le 1<sup>er</sup>, très forte bise pendant tout le jour.

2, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir.

3, légère neige à 7 h. du matin.

5, gelée blanche le matin ; quelques flocons de neige vers 5 h. du soir.

6, brouillard à 7 h. du matin.

7, brouillard à 10 h. du matin.

8, très forte gelée blanche le matin.

10, forte bise jusqu'à 4 h. du soir.

13, très forte gelée blanche le matin.

18, éclairs au NNW. vers 6 h. 30 du soir.

19, gelée blanche le matin.

25, brouillard enveloppant et pluie à 7 h. du matin.

27, forte gelée blanche le matin.

28, très forte rosée le matin.

29, très forte rosée le matin.

30, très forte rosée le matin.

31, très forte rosée le matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au bar*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	<sup>mm</sup>		
Le 1 <sup>er</sup> à 9 h. matin .....	725,15	Le 2 à 2 h. soir .....	
4 à 6 h. matin .....	730,81	5 à 5 h. soir .....	
7 à 11 h. matin .....	727,59	9 à 6 h. matin .....	
11 à 11 h. matin .....	737,66	18 à 5 h. soir .....	
23 à 9 h. matin .....	727,73	26 à 8 h. matin .....	
27 à 10 h. matin .....	734,21	31 à 4 h. soir .....	



## MOYENNES DU MOIS DE MARS 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 725.83	<sup>mm</sup> 725.62	<sup>mm</sup> 726.16	<sup>mm</sup> 726.26	<sup>mm</sup> 725.88	<sup>mm</sup> 725.44	<sup>mm</sup> 726.24	<sup>mm</sup> 726.87
2 <sup>e</sup> »	722.15	721.59	721.72	721.84	721.00	720.45	720.70	720.68
3 <sup>e</sup> »	725.39	725.29	725.86	725.98	725.40	724.80	725.39	725.96
Mois	724.48	724.20	724.63	724.73	724.13	723.59	724.15	724.55

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	— 2.78	— 3.53	— 3.42	— 0.32	+ 2.31	+ 2.42	+ 0.20	— 1.11
2 <sup>e</sup> »	+ 3.65	+ 3.44	+ 3.21	+ 6.66	+ 9.32	+ 9.65	+ 7.06	+ 5.48
3 <sup>e</sup> »	+ 6.10	+ 4.79	+ 4.93	+ 9.72	+ 12.00	+ 12.51	+ 10.22	+ 8.27
Mois	+ 2.44	+ 1.57	+ 1.68	+ 5.49	+ 8.01	+ 8.33	+ 5.97	+ 4.34

<b>Fraction de saturation en millimètres.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	670	706	740	539	471	459	619	618
2 <sup>e</sup> »	745	779	784	646	534	555	647	699
3 <sup>e</sup> »	695	745	754	529	445	446	509	634
Mois	703	743	759	570	472	485	589	650

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre
1 <sup>re</sup> décade	— 4.71	+ 3.67	+ 3.87	0.51	<sup>mm</sup> 0.2	<sup>cm</sup> 124.72
2 <sup>e</sup> »	+ 1.43	+ 11.24	+ 5.63	0.72	10.0	121.46
3 <sup>e</sup> »	+ 3.05	+ 14.20	+ 6.79	0.41	25.9	113.98
Mois	+ 0.03	+ 9.85	+ 5.49	0.54	36.1	119.86

Dans ce mois l'air a été calme 31,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 2,05 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 9° 2, E. et son intensité est égale à 23,4 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1890.

- Le 4, forte bise depuis 4 h. du soir.  
 5, très forte bise pendant tout le jour ; légère neige de 4 h. à 7 h. du soir ; brouillard depuis 10 h. du soir.  
 6, très forte bise pendant tout le jour ; brouillard jusqu'à 7 h. du matin, à 4 h. et depuis 10 h. du soir ; légère neige dans la journée.  
 7, brouillard jusqu'à 1 h. du soir.  
 8, brouillard par un fort vent depuis 10 h. du soir.  
 9, fort vent jusqu'à 10 h. du matin ; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; forte bise depuis 10 h. du soir.  
 12, fort vent depuis 4 h. du soir.  
 13, fort vent à 10 h. du matin ; brouillard depuis 7 h. du soir.  
 14, légère neige à 7 h. du matin ; brouillard à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.  
 15, brouillard pendant tout le jour ; fort vent de 10 h. du matin à 7 h. du soir.  
 16, violent vent pendant tout le jour ; brouillard jusqu'à 4 h. du soir, puis neige.  
 17, fort vent jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir ; neige de 1 h. à 4 h. du soir, puis brouillard.  
 18, fort vent jusqu'à 4 h. du soir.  
 19, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir.  
 20, forte bise jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; brouillard depuis 10 h. du soir.  
 21, neige jusqu'à 7 h. du matin.  
 23, neige jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; brouillard de 1 h. à 4 h. du soir.  
 24, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir ; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir ; fort vent depuis 10 du soir.  
 25, très fort vent jusqu'à 4 h. du soir.

REMARQUE. — Le mouvement d'horlogerie du barographe s'est arrêté, et a dû être retourné à Genève pour réparations. Toutes les observations barographiques manquent ; les valeurs de 1 h. et de 4 h. du matin ont été interpolées suivant la méthode déjà exposée, tandis que les minima et les maxima ont été pris parmi les extrêmes des 6 observations diurnes directes et des deux valeurs interpolées pour 1 h. et 4 h. du matin.

*Valcurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 2 h. matin .....	552,15	Le 2 à 10 h. matin .....	548,34
4 à 10 h. matin .....	560,02	5 à 4 h. soir .....	553,43
7 à 1 h. soir ..	561,06	9 à 7 h. matin .....	557,84
11 à 7 h. soir .....	571,12	19 à 4 h. matin .....	547,15
23 à 7 h. soir .....	562,68	25 à 10 h. matin .....	553,25
28 à 10 h. matin .....	571,76		

5 <sup>e</sup> mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum observé au barographe	Maximum observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée en les 24 h.		
1	554.07	- 8.62	550.43	552.45	- 23.36	- 15.43	- 26.4	- 20.6	.....	.....	NE.	0.42
2	554.09	- 10.53	548.34	550.26	- 24.14	- 15.97	- 25.8	- 21.2	.....	.....	NE.	0.47
3	554.75	- 4.93	551.41	558.86	- 19.66	- 14.55	- 24.3	- 14.8	.....	.....	SW.	0.18
4	558.88	- 0.79	557.54	560.02	- 13.32	- 5.27	- 20.0	- 7.0	.....	.....	NE.	2 0.00
5	554.56	- 5.14	553.43	556.67	- 15.32	- 7.33	- 17.5	- 10.0	.....	.....	NE.	2 0.83
6	557.05	- 2.61	554.70	559.24	- 11.07	- 3.15	- 16.4	- 8.4	.....	.....	NE.	0.98
7	560.39	+ 0.73	559.38	561.06	- 7.79	+ 0.06	- 12.4	- 6.2	.....	.....	NE.	0.48
8	559.48	- 0.48	558.92	560.53	- 7.57	+ 0.21	- 9.5	- 5.0	.....	.....	SW.	0.42
9	558.55	- 4.12	557.84	559.91	- 8.27	+ 0.56	- 10.8	- 3.0	.....	.....	variable	0.78
10	558.84	- 4.47	550.67	567.88	- 11.59	- 3.95	- 14.0	- 7.0	.....	.....	NE.	1 0.08
11	570.03	+ 10.35	568.47	574.12	- 3.57	+ 3.99	- 10.0	- 1.2	.....	.....	NE.	1 0.08
12	570.20	+ 10.51	569.48	570.83	- 0.26	+ 7.22	- 3.4	- 2.7	.....	.....	SW.	2 0.23
13	566.54	- 6.84	564.25	568.90	- 2.19	+ 5.21	- 6.2	- 4.8	.....	.....	SW.	1 0.60
14	563.62	- 3.91	563.03	564.00	- 5.64	+ 1.68	- 6.2	- 3.8	.....	.....	SW.	1 1.00
15	562.44	- 2.41	560.72	563.08	- 5.64	+ 1.59	- 6.2	- 4.0	.....	.....	SW.	2 1.00
16	554.93	- 4.82	552.71	558.91	- 6.59	+ 0.65	- 6.6	- 3.8	100	14.0	SW.	3 1.00
17	551.68	- 8.09	551.41	552.42	- 5.77	+ 1.28	- 8.4	- 3.0	120	16.0	SW.	2 0.93
18	549.07	- 10.72	547.39	551.26	- 7.91	+ 0.95	- 9.2	- 6.0	120	8.7	SW.	2 0.37
19	549.05	- 10.77	547.15	551.61	- 9.01	+ 2.14	- 11.8	- 5.7	.....	.....	SW.	1 1.00
20	551.89	- 7.96	550.96	553.60	- 9.14	+ 2.34	- 10.8	- 6.8	40	1.3	NE.	2 0.55
21	554.78	- 5.10	553.60	556.74	- 8.14	+ 1.47	- 10.2	- 5.0	.....	.....	SW.	1 0.78
22	558.87	- 1.04	557.14	561.00	- 8.05	+ 1.49	- 11.7	- 2.5	.....	.....	NE.	4 0.05
23	562.07	+ 2.13	561.34	562.68	- 5.49	+ 0.98	- 10.6	- 0.6	160	10.2	NE.	1 1.00
24	559.65	- 0.33	557.39	561.73	- 5.91	+ 0.46	- 7.1	- 3.0	200	14.5	SW.	1 1.00
25	554.52	- 5.50	553.25	556.58	- 6.01	+ 0.25	- 7.6	- 3.2	.....	.....	SW.	3 0.38
26	562.91	+ 2.85	558.12	567.30	- 5.94	+ 0.22	- 7.6	- 2.0	.....	.....	NE.	1 0.00
27	570.16	+ 10.06	568.06	571.57	- 1.74	+ 7.79	- 6.6	- 6.0	.....	.....	SW.	4 0.03
28	571.42	+ 11.27	571.44	574.76	- 4.66	+ 10.60	+ 0.8	- 10.0	.....	.....	NE.	1 0.00
29	569.61	- 9.41	568.89	570.86	- 3.49	+ 0.32	- 1.0	- 8.3	.....	.....	SW.	4 0.00
30	567.18	- 6.93	566.40	568.43	- 2.43	+ 8.15	- 2.2	- 9.2	.....	.....	NE.	1 0.05
31	564.78	- 4.48	564.24	565.94	+ 0.58	+ 6.18	- 3.0	- 4.0	.....	.....	NE.	1 0.03
Mois.	559.77	+ 0.06	.....	.....	- 7.24	+ 0.08	.....	.....	.....	.....	.....	0.45



## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	556,25	555,98	556,16	556,67	556,91	556,97	557,40	557,77
2 <sup>e</sup> » ...	559,65	558,99	558,77	559,14	558,78	558,57	558,83	558,59
3 <sup>e</sup> » ...	563,00	562,69	562,83	563,20	563,31	563,30	563,84	563,98
Mois .....	559,74	559,33	559,37	559,78	559,78	559,73	560,15	560,24

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	-15,86	-13,77	-11,87	-12,33	-14,12	-14,67
2 <sup>e</sup> » ...	-6,52	-4,64	-3,70	-4,29	-5,55	-6,01
3 <sup>e</sup> » ...	-4,42	-0,97	+1,04	-0,38	-3,35	-3,80
Mois .....	-8,79	-6,25	-4,65	-5,50	-7,54	-8,02

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
				mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	-17,71	-10,32	0,40	—	—
2 <sup>e</sup> » ...	-7,88	-2,98	0,68	38,7	34,0
3 <sup>e</sup> » ...	-6,07	+1,93	0,30	26,0	40,0
Mois .....	-10,41	-3,61	0,45	64,7	74,0

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,93 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 4,8 sur 100.

# LE GRAIN DU GLACIER

PAR  
**M. Ed. HAGENBACH**

Avec planche XI.

---

Depuis 1880, en partie seul, en partie en collaboration avec mes amis MM. les professeurs F.-A. Forel et A. Heim, j'ai examiné la glace de différents glaciers, principalement dans l'Oberland bernois et le Valais, et j'ai aussi fait quelques expériences sur la glace dans le laboratoire. Au cours de ce travail, je me suis formé des idées précises sur la constitution et la formation de la glace de glacier. Ces vues se sont encore éclaircies, grâce à une correspondance avec M. le prof. Mousson qui, comme on le sait, a tant contribué à élucider cet intéressant phénomène en apportant à l'étude des glaciers des notions physiques bien claires. Dans ce qui suit, je résumerai l'essentiel du sujet ; la plus grande partie a déjà été publiée précédemment par moi, par fragments souvent plus détaillés<sup>1</sup>.

On sait que la glace prise dans les profondeurs du glacier est parfaitement claire et transparente, et représente

<sup>1</sup> *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, t. VII, p. 192, et VIII, p. 821.

à l'œil un corps tout à fait homogène. Si on la frappe, elle se comporte aussi comme une masse de verre amorphe vis-à-vis de l'action mécanique du marteau, et présente une cassure conchoïde. Cependant, si l'on fait fondre un morceau de cette glace au soleil, il ne tarde pas à se produire des surfaces de clivage dans l'intérieur et la glace se désagrège en fragments isolés, gros et petits, auxquels on a donné le nom de *grain de glacier*.

Que sont ces grains ? C'est la question à laquelle nous cherchons à répondre dans ce travail.

Chaque grain de glacier constitue un cristal distinct. Le bloc, qui paraissait parfaitement homogène, n'a donc pas, malgré cela, la même structure qu'un morceau de verre amorphe ; il forme au contraire une masse cristalline grenue, comme le marbre, mais chaque grain a souvent des dimensions très considérables, et surtout dans les parties inférieures du glacier. Ces grains sont parfois plus gros que le poing et ils sont si intimement soudés que leurs surfaces de contact sont tout à fait invisibles avant la fusion aux rayons du soleil.

Au point de vue de la structure grenue, la glace du glacier n'est pas essentiellement différente de la glace lacustre qui se forme en hiver sur les surfaces d'eaux tranquilles et que l'on conserve en grandes quantités dans nos glaciers. A basse température, la glace des lacs a aussi l'aspect d'une masse vitreuse homogène, mais un examen plus attentif révèle sa structure cristalline, et les parties qui la constituent s'isolent lorsqu'on l'expose à la chaleur du soleil. Mais elle a une structure fibreuse et ses parties élémentaires sont non des grains, mais des prismes dont les axes sont perpendiculaires à la surface de l'eau congelée. Mais ils sont chacun, comme les

grains du glacier, des cristaux distincts, et on peut en trouver quelquefois des individus mesurant 10 et jusqu'à 15 centimètres de largeur<sup>1</sup>.

Il y a deux moyens qui permettent de reconnaître très nettement que les parties qui constituent la glace sont des cristaux :

1° *L'examen des morceaux dans la lumière polarisée.*

Tous les phénomènes de polarisation des cristaux à un axe positif, tant en lumière parallèle qu'en lumière convergente, se manifestent de la façon la plus parfaite dans ces cristaux de glace. Comme il est exceptionnellement facile de tailler dans ces matières, au moyen d'une lame de scie ou de couteau chauffée, des lames à faces planes et parallèles dans telle direction que l'on désire, et de les polir ensuite sur une plaque de métal ou de verre, ou même à la chaleur de la main, les expériences peuvent être exécutées d'une manière très simple et complète, non seulement dans les laboratoires, mais aussi sur place, sur le glacier même. On peut, par ces expériences, déterminer la direction des axes optiques dans chaque cristal.

2° *Par les figures de fusion de Tyndall.* Si l'on fait tomber sur un cristal de glace, directement ou à travers une lentille de concentration, les rayons solaires ou ceux d'une lampe électrique, il y a fusion dans l'intérieur du cristal. Les espaces fondus, déjà bien visibles à l'œil nu, sont cependant plus faciles à reconnaître si on les observe à la loupe ou si on les projette, agrandis, contre un écran. Ils offrent des figures fines et aplaties qui sont renfermées

<sup>1</sup> Voyez Thomas H. Holland, *The crystallization of lake ice*, *The Nature*, vol. 39, p. 296.

entre deux plans parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe optique. Vues par en haut (c'est-à-dire dans la direction de l'axe) ces figures ont tantôt la forme d'un cercle, tantôt celle d'une étoile à six branches tout à fait analogue aux cristallisations de la neige. Ordinairement, au début de la fusion se produit la forme circulaire, et celle-ci, peu à peu, par des renflements, tend à prendre la forme étoilée. J'ai constaté que dans la glace des glaciers la forme ronde est plus fréquente et persiste même pour des figures d'assez grandes dimensions, tandis que dans la glace des lacs les figures prennent plus vite la forme étoilée. Comme l'eau liquide n'occupe que les  $\frac{2}{3}$  de l'espace qu'occupait la glace avant la fusion, il se produit de petites vacuoles qui ont l'aspect de bulles d'air et qui présentent un grand éclat sous des incidences obliques, à cause de la réflexion totale. Il est facile de constater que ce sont des espaces vides et de les distinguer des bulles d'air qui se présentent fréquemment dans la glace des glaciers. On n'a qu'à placer un fragment de glace qui renferme une de ces vacuoles dans de l'eau ou du pétrole et à le laisser fondre. Si la cavité contient de l'air, on voit monter une petite bulle à travers le liquide, si la cavité est vide d'air, elle disparaît au contraire tout à coup.

Les figures de fusion peuvent donc aussi bien servir à la détermination des axes optiques que les expériences de polarisation. On peut reconnaître très exactement le plan des figures de fusion en faisant réfléchir contre elles la lumière solaire, et ainsi on constate que les plans de toutes les figures dans un même cristal sont tout à fait parallèles. C'est là une preuve évidente de la structure régulière du cristal.

Les figures de fusion ont encore sur le procédé optique cet avantage de donner la position de l'axe secondaire. Nous avons étudié la chose surtout sur diverses lames de glace lacustre que nous avons placées, suivant le procédé de Tyndall, dans le champ de la lampe électrique, de telle façon que ses rayons fournissaient la chaleur nécessaire pour produire les figures par fusion, et la lumière des mêmes rayons projetait sur un écran l'image agrandie des figures. On pouvait alors les photographier au moment où elles se produisaient. Sur la planche XI, on voit la reproduction d'une photographie ainsi obtenue. La figure est environ dans le rapport de 8 : 5 avec la grandeur réelle de la plaque de glace.

On voit dans cette figure d'une façon très nette le plan de macle des deux cristaux, qui était invisible auparavant et que la fusion a révélé. Des deux côtés de ce plan sont distribuées les étoiles, tout à fait régulières, avec leurs rayons égaux en longueur et faisant les mêmes angles. Les cristaux sont macclés de façon que leurs axes principaux sont parallèles entre eux et perpendiculaires à la surface polie. En se servant d'une règle on peut constater le fait suivant : Dans chaque cristal pris individuellement, les rayons des étoiles parallèles à l'axe secondaire sont dans des directions parallèles entre elles. Tandis que si l'on compare un cristal au voisin, il se produit un changement de direction d'environ  $25^\circ$ . Nous pouvons en conclure que les grains ou les prismes produits par la désagrégation de la glace sont des cristaux régulièrement constitués aussi sous le rapport des axes secondaires, et deux cristaux dont les axes principaux sont parallèles, mais dont les axes secondaires font un angle, peuvent être discernés nettement comme deux individus différents, quand le dégel vient à les séparer.

J'ai examiné la glace de beaucoup de glaciers, prise à des hauteurs très différentes, et l'ai soumise à la méthode de polarisation et à celle des figures de fusion. J'ai eu ainsi la preuve que les axes des cristaux sont orientés d'une façon tout à fait arbitraire et dans toutes les directions imaginables. On ne peut trouver aucun rapport quelconque entre la position relative des axes d'un grain à un autre, ni entre la position des axes relativement à la direction de la pesanteur, du mouvement ou de la pression du glacier.

La glace des lacs se comporte tout autrement. Au début du gel, il se forme, à partir du rivage, des cristaux isolés qui s'étendent en forme de côtes. Leurs axes sont parallèles à la surface de niveau de l'eau. Mais quand la croûte de glace vient à se fermer, grâce à la production de cristaux plus larges, et qu'elle gagne en épaisseur, cette congélation plus générale est formée par des cristaux dont l'axe principal est vertical. Les gros blocs de glace extraits de la croûte consistent presque entièrement en cristaux macclés ayant leur axe principal vertical, et ce n'est qu'exceptionnellement que se montrent quelques cristaux dont l'axe est horizontal ou oblique.

Il faut remarquer pourtant qu'il se produit fréquemment sur les cristaux pris individuellement de petites déviations de la position verticale absolue. Aussi les axes ne sont pas toujours tout à fait parallèles dans les macles de cristaux prismatiques de glace lacustre. Cela se voit quand on introduit dans l'appareil de polarisation à lumière convergente une lame à faces taillées parallèlement à la surface de l'eau gelée. L'image des anneaux à croix noire est rejetée souvent brusquement de côté au moment où une surface de macle passe dans le champ de l'appareil.

On peut se demander quel est le mode de formation de cristaux atteignant souvent des proportions si considérables. Sur les lacs où souvent en une seule nuit il se forme une épaisse couche de glace, nous avons toutes raisons de penser que ces gros cristaux se forment sans intermédiaire de l'état liquide à l'état solide. Il en est tout autrement dans la glace des glaciers où évidemment le grain s'accroît peu à peu pendant un temps très long.

On trouve les plus gros grains dans la partie inférieure des glaciers, et surtout des grands glaciers et de ceux qui s'écoulent avec une grande lenteur. Plus on s'élève sur le glacier plus le grain devient petit. Il passe par tous les degrés de grosseur jusqu'à celle qu'il a sur le névé, et on peut encore suivre toutes les formes de passage entre le grain du névé et la neige fraîchement tombée. Aussi quelqu'un qui s'est familiarisé avec la nature de la glace des glaciers et ses états différents suivant les hauteurs, en vient à se demander si les cristaux de neige ne seraient point les matériaux dont se forme la glace, homogène au premier aspect, mais, en réalité, grenue des glaciers, et cela grâce à un mode d'accroissement de certains cristaux aux dépens des voisins sous l'influence de la pression.

Nous allons montrer d'un peu plus près comment nous pouvons nous représenter ce développement, et comment il peut être expliqué par l'effet des forces physiques connues.

La neige fraîchement tombée consiste en petits cristaux, qui sont maclés en forme des figures si connues de la neige. Sur ces fleurs de neige on peut voir facilement avec un microscope polarisant les couleurs de polarisation de chaque élément cristallin. Si l'on observe sans



grossissement, les couleurs se résolvent en un blanc neutre uniforme. Quand la neige reste quelque temps sur le sol, elle devient grenue. Cela provient d'un accroissement des cristaux et ceux-ci deviennent bientôt si gros que, sans l'emploi d'un grossissement, on peut distinguer en lumière polarisée parallèle, les couleurs, qui dépendent de la direction des axes principaux orientés en tous sens.

Après quelques semaines quelques-uns de ces petits cristaux ont pris un accroissement tel que en les plaçant dans une direction convenable et dans la lumière polarisée convergente, on verra les anneaux colorés à croix noire.

L'accroissement des cristaux, tant que la neige est tendre, peut s'expliquer par l'eau de fusion dont elle est imprégnée. Mais bientôt il se forme une masse grenue compacte dans laquelle l'accroissement du grain ne peut plus se produire que par l'absorption des molécules des petits cristaux dans les gros. Cet échange est favorisé par la pression. On peut s'en convaincre en comprimant de la neige fraîche. Dans la masse gelée ainsi obtenue on trouve déjà après quelques heures des grains présentant les anneaux et la croix de l'appareil polarisant. Un pareil accroissement, constamment progressif du grain, peut être observé dans la nature sur une échelle plus grande. Si l'on compare les couches de neige de différentes saisons, surtout celles qui sont sur les sommets, où elles restent pendant des années, on trouve communément que c'est dans les plus profondes que le grain est le plus gros. Et dans les glaciers il est plus facile encore de constater cet accroissement graduel du grain qui passe par tous les échelons de grandeurs.

En haut dans le névé, les grains n'ont que quelques millimètres de diamètre; dans la partie supérieure du glacier ils ont déjà la grosseur d'une noisette; plus bas celle d'une noix, et dans les grands glaciers nous trouvons dans les régions inférieures des grains de la grosseur d'un œuf ou même de la tête d'un enfant. Mais il ne faut pas en conclure que pour chaque région particulière tous les grains ont la même grosseur. On trouve à côté des plus gros toujours de plus petits grains des différents degrés inférieurs, destinés sans doute à disparaître. On trouve souvent la glace à gros grains séparée par des tranches de glace à grain fin. La première est plus bleue, la seconde plus blanche surtout quand elle renferme des vésicules d'air. C'est là ce qui constitue la structure stratifiée du glacier. Dans ces cas-là la glace à grain fin est évidemment d'origine plus récente et provient probablement de neige qui est tombée dans des crevasses et qui a été entraînée dans le mouvement du glacier qui l'emprisonne. Le phénomène de la formation de grain n'est pourtant pas spécial aux glaciers, car on le voit se produire dans les glacières, les cavernes à glace et dans la glace formée artificiellement dans les calorimètres<sup>1</sup>.

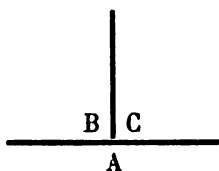
Il s'agit maintenant d'expliquer physiquement le mode d'accroissement du grain.

Il nous serait des plus faciles de venir parler ici de l'action des masses et d'en conclure qu'il en résulte que les plus gros cristaux attirent à eux les molécules des plus petits. Mais les forces moléculaires qui produisent

<sup>1</sup> Voyez Dr R. Emden, Sur la formation du grain du glacier. Compte rendu de la Soc. helv., à Lugano 1889. *Archives des Sc. phys. et nat.*, oct.-nov. 1889.

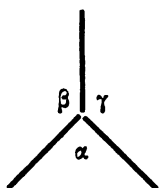
la cristallisation, n'agissent en tout cas pas à grande distance, de telle sorte que les molécules un peu distantes sont sans action, et il n'y a pas de raison d'attribuer au gros cristal, dans son ensemble, une force prédominante. Pour nous rendre compte du phénomène, il ne nous faut tenir compte que de l'action des molécules immédiatement voisines les unes des autres, et nous serons amenés aux considérations suivantes :

La cristallisation provient évidemment de ce que les molécules agissent les unes sur les autres par couple de forces et s'orientent dans certaines positions. Alors une molécule prise au milieu d'une série d'autres sera maintenue des deux côtés, tandis qu'une molécule située à l'extrémité d'une série n'est retenue que d'un côté. La première se trouve donc être dans un équilibre plus solide et plus stable que la seconde. Ainsi, par exemple, une molécule dans la région A de la figure ci-jointe est



dans un équilibre plus stable que les molécules situées dans les coins B et C. A la température de fusion le mouvement des molécules est grand et celles de la région B ou C tendront à passer à la position plus stable de A. Ou, en d'autres termes, le cristal s'accroîtra en A dans l'espace situé entre B et C, car il entraînera dans sa propre structure les molécules de B et C. Les molécules en

B et C tendront vers A tant que l'angle  $\alpha$  sera plus grand que  $\beta$  ou  $\gamma$ .



Cette considération ne s'applique pas seulement à des angles plans, on peut l'étendre aux angles solides par lesquels se touchent les grains de glace à surface extérieure si irrégulière. Aux endroits où plusieurs grains se touchent, il se produira une recristallisation d'un cristal à un autre et toujours dans ce sens que les molécules des angles plus aigus, se détacheront et s'appliqueront contre les angles obtus. Il en résulte, comme le raisonnement suivant assez simple peut le montrer, que les gros grains s'accroissent aux dépens des plus petits.

Si nous divisons une surface plane en une sorte de mosaïque dans laquelle de petits polygones sont entourés de plus grands, les grands polygones auront les plus grands angles. Cela se voit clairement si l'on divise la surface en grands octogones réguliers avec des petits carrés dans les intervalles, ou bien en grands dodécagones avec des petits triangles entre deux. La même chose a lieu, quant à la proportion des angles avec la dimension des figures, aussi pour une subdivision irrégulière. On voit cela très bien sur ces mosaïques irrégulières qui se forment sur un vernis ou un émail qui se fendille, ou quand on fait une construction cyclopéenne avec des pierres irrégulières petites et grandes, et c'est précisément aussi l'aspect que présente la surface du glacier quand

l'insolation vient à manifester les limites de chaque grain. Dans tous ces cas les petits angles dominent dans les petits fragments qui remplissent les vides entre les grands.

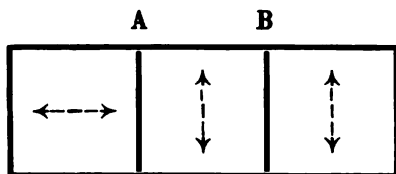
Cela provient de ce que les plus petits polygones ont en général un moins grand nombre de côtés et par conséquent de plus petits angles. Cette considération, admise pour une surface divisée en polygones, peut s'étendre à l'espace divisé en polyèdres. Donc, si les molécules tendent à passer des angles aigus aux angles obtus, il en résulte que peu à peu les plus gros grains s'accroîtront aux dépens des plus petits qui se trouvent compris entre eux. Exceptionnellement, il se peut que dans de petits grains il y ait de plus grands angles. Dans ces cas isolés, il peut arriver que des molécules passent d'un gros cristal dans un plus petit. Si seulement les molécules passent plus fréquemment d'un petit cristal dans un grand que d'un grand dans un petit, cela suffit parfaitement pour expliquer avec le temps la croissance des gros grains aux dépens des petits. Cette manière de concevoir le phénomène trouve une confirmation importante dans l'examen attentif des dessins réticulés que forment les lignes de séparation des grains à la surface des glaciers exposée au soleil. Là, on peut voir fréquemment comment le grand cristal à angle prédominant empiète entre deux petits cristaux voisins, ou encore comment de petits grains isolés remplissent les coins entre les grands, mais ce sont évidemment les restes qui vont eux-mêmes au-devant d'une disparition complète.

Il nous faut encore considérer de plus près la force qui produit l'adhérence des grains par leurs surfaces de contact. Nous avons déjà remarqué que la glace de gla-

cier qui n'a pas encore commencé à fondre a l'aspect d'une masse parfaitement homogène, qu'ainsi les faces terminales des divers grains ne sont pas visibles sans l'aide de la lumière polarisée, et que cette glace, lorsqu'on la frappe, donne une cassure écailleuse et ne tombe pas en fragments correspondant aux grains qui la constituent. Les surfaces de cassure traversent la masse tout à fait indépendamment des surfaces de macle des cristaux. Nous pouvons en conclure que les molécules appartenant aux faces de contact de deux cristaux adhèrent avec autant de force entre elles que celles dans l'intérieur d'un cristal. Il importait de rechercher si artificiellement il est possible de souder ensemble des cristaux de glace assez intimement pour que la masse paraisse homogène d'aspect. Les journées froides de décembre 1887 ont fourni sur les eaux dormantes de la glace extraordinairement belle; j'employai cette dernière à faire avec M. le prof. A. Heim une série d'expériences sur la fusion et le regel de la glace. C'était pour déterminer quelle influence la position respective des axes des cristaux soumis à l'expérience pouvait avoir sur le résultat du regel. On fit ces expériences sur des cubes et des plaques de glace que l'on taillait dans des blocs avec une scie chauffée. Comme dans la glace formée sur les eaux tranquilles les axes cristallographiques sont en général perpendiculaires à la surface du niveau, on pouvait présumer à simple inspection la direction des axes. Pour plus de sûreté, on contrôla cette direction chaque fois avec l'appareil de polarisation. Le regel des cubes ou des plaques s'effectua dans un espace dont la température était de peu de degrés supérieure à 0°. On polit d'abord les surfaces sur des plaques métalliques planes, d'abord sur une chaude puis sur une seconde à la température du local; puis on plaça

les plaques l'une sur l'autre de façon qu'aucune trace d'air ne se trouvât emprisonnée entre deux : on atteint ce but en frottant et glissant l'une contre l'autre les plaques. Les cubes ainsi posés l'un sur l'autre furent placés sous une presse à vis que l'on serrait et desserrait alternativement. Après plusieurs heures, le regel était complet et souvent à tel point que l'œil nu ne pouvait plus distinguer les soudures. Pour expérimenter ensuite la solidité ou l'adhérence des soudures par regel, on plaça, d'après le procédé imaginé autrefois par *Heim*, les cubes regelés entre les plateaux d'une presse hydraulique de façon que les soudures fussent perpendiculaires aux plateaux, soit dans le sens de la pression, puis on exerçait une pression croissante.

Si l'on faisait l'expérience dans un local au-dessus de zéro, les premières fentes se produisaient en général sous l'effet de la pression suivant les surfaces de regel. On pouvait en conclure que dans ces surfaces de soudure la cohésion était moindre que dans l'intérieur du cristal. En outre, il se produisait une petite différence sous le rapport de la solidité des soudures suivant que les axes principaux étaient parallèles ou qu'ils faisaient un angle entre eux, en ce sens que dans le premier cas (soudures à axes parallèles) la solidité était un peu plus grande. Cette différence se manifeste le mieux quand les trois cubes à soumettre au regel sont placés sous la presse dans la position qu'indique le schéma ci-contre :



Même lorsqu'on laissait le bloc sans le mettre sous presse, mais en ne le supportant que par le cube du milieu et en le laissant exposé à l'air chaud, c'était le cube de gauche qui se détachait le premier, suivant la surface A de séparation, et quelques temps après une seconde fissure se produisait en B.

Le résultat est tout autre quand les morceaux unis par le regel ont été exposés à une température inférieure à  $0^{\circ}$ , et quand les essais de résistance ont lieu dans un local au-dessous du point de congélation. Dans ce cas, les fentes se produisaient, sous l'action de la presse, dans le sens de la pression, partout à travers la masse et sans liaison aucune avec les surfaces de regel. Nous concluons de ces expériences ce qui suit. Le regel de deux blocs de glace, lorsqu'il est bien exécuté, est parfait et tout à fait indépendant des positions respectives des axes principaux; c'est-à-dire se produit de telle sorte que la cohésion dans les plans de soudure est tout aussi forte que dans l'intérieur du cristal. Par l'effet de la chaleur, cependant, c'est sur ces plans de soudure que commence à s'affaiblir la cohésion, et même un peu plus tôt dans le cas où les axes principaux sont perpendiculaires ou inclinés les uns sur les autres que lorsqu'ils sont parallèles. Nous pouvons donc dire que les plans de soudure par congélation de deux cristaux que l'on comprime artificiellement se comportent exactement comme les soudures de deux cristaux formés sur un lac ou un glacier. Le fait que la glace des lacs ne se résout pas aussi facilement que celle des glaciers, sous l'effet du soleil, en cristaux séparés, s'explique par l'expérience et par le raisonnement : tous deux montrent en effet que des cristaux soudés parallèlement à leurs axes se sépareront moins vite par la fusion



que des cristaux dont les axes sont inclinés les uns sur les autres.

Les vues qui viennent d'être développées montrent que la formation et l'accroissement du grain du glacier ne sont pas une conséquence de son mouvement : car, dans de la glace tout à fait immobile, il peut se produire des grains et ces grains peuvent s'accroître. Mais, néanmoins, le grain a une relation avec le mouvement du glacier, et nous devons encore éclaircir comment les grains intimement soudés ensemble se comportent vis-à-vis du mouvement de translation du glacier. En d'autres termes, comment trouverons-nous dans la structure grenue du glacier, telle que nous l'admettons, la plasticité nécessaire pour l'écoulement de la masse glaciaire ?

Des expériences faites par plusieurs naturalistes et aussi par moi, il semble résulter qu'un individu d'un cristal de glace, surtout dans le voisinage du point de fusion, possède une certaine plasticité, comme le sel gemme. Mais elle ne peut presque pas jouer de rôle dans les déformations dues à son mouvement, car l'étude optique des grains isolés ne dévoile aucune déformation essentielle sous le rapport des axes optiques. Il est bien possible, mais nullement démontré, que des déplacements moléculaires se produisent lors du glissement dans le sens du plan des axes secondaires ; c'est à cela peut-être que tient le fait que les axes secondaires se manifestent moins nettement par les figures de fusion sur la glace des glaciers que sur celle des lacs. La cause principale qui explique la plasticité nécessaire pour le mouvement, nous devons la chercher dans les faces de soudure des cristaux ou du moins dans les phénomènes qui s'y produisent. Et c'est encore le regel qui nous permettra de trouver la solution de la question.

Imaginons une plaque de glace consistant en cristaux différents réunis et formant une couche, et admettons, pour simplifier, que tous les cristaux soient des cubes ayant la même orientation et l'épaisseur de la plaque de glace. Comment pouvons-nous nous représenter qu'une telle plaque se déforme sans que l'adhésion des cristaux soit supprimée? Si on cherche à courber la plaque en lui appliquant une force extérieure, il se produira une compression du côté concave et une tension du côté convexe entre les cristaux. En outre, si la plaque se trouve à la température de fusion, la pression abaisse le point de fusion du côté concave et produit une liquéfaction aux endroits des soudures. Du côté convexe, l'extension ouvrira en fentes les soudures, et ainsi l'eau liquéfiée du côté concave s'introduira dans les fentes du côté convexe. Cette eau ne manquera pas de se congeler aussitôt qu'aura cessé la pression. Il en sera de même que dans l'expérience connue dans laquelle on fait passer un fil chargé d'un poids à travers un bloc de glace, la glace fondant sans cesse sous la pression du fil et regelant au-dessus. Dans notre plaque, sous l'effet de la force qui la fait gauchir, il y a transport de glace par les surfaces de soudures du côté concave au côté convexe, et la plaque prend ainsi une courbure permanente. En outre, les grains cubiques changent de forme : ils s'élargissent du côté convexe et se rétrécissent du côté concave. Dans la nature, les grains soudés n'ont pas la forme régulière de cubes, mais une forme très irrégulière. Sous l'action de forces de flexion, la pression et l'expansion se répartiront très irrégulièrement sur les soudures. Mais, encore dans ces conditions, des particules de glace passant à l'état liquide se transporteront du côté de la pression vers celui

de l'expansion et il en résultera que, grâce à une compensation constante entre les différences de pression et d'expansion à l'intérieur, un changement se produira dans la configuration générale de la masse.

Dans ce phénomène, il se produit une sorte de roulement des grains les uns sur les autres, et cela explique en partie la forme des grains, qui sont très souvent articulés ou emboîtés.

Dans ce qui précède, nous croyons avoir exposé l'origine, la manière d'être, la croissance et la forme du grain du glacier, en nous basant sur des observations variées sur le glacier même et sur diverses expériences sur la glace. Nous croyons avoir aussi expliqué les points essentiels du phénomène par l'effet de forces physiques connues. Mais, maintenant, il reste à confirmer et à compléter ces notions dans leurs détails par un aussi grand nombre d'observations possibles faites sur place. J'abandonne avec plaisir cette tâche à de plus jeunes chercheurs, qui peuvent allègrement visiter les glaciers, les gravir jusqu'à leur sommet ou descendre jusque dans leurs profondes crevasses.

Bâle, avril 1890.

---

SUR LA THÉORIE  
DES  
INTERFÉRENCES DE L'ONDE ÉLECTRIQUE  
PROPAGÉE DANS UN FIL CONDUCTEUR  
ET DU RÉSONATEUR<sup>1</sup>

PAR  
M. L. DE LA RIVE

---

I. RÉFLEXION AUX EXTRÉMITÉS.

La décharge électrique oscillatoire du vibreur de Hertz, lorsqu'elle se propage dans un fil conducteur isolé à ses deux extrémités, donne lieu à des interférences de force électro motrice. Le fil tendu horizontalement est en contact par un bout avec une plaque métallique placée en regard d'une des capacités du vibreur, et l'autre bout reste libre. L'étincelle du résonateur circulaire, dont le plan est maintenu normal à la direction du fil, offre des alternances d'intensité le long du fil assimilables aux nœuds et aux ventres de l'onde sonore dans un tuyau

<sup>1</sup> Sur la résonance multiple des ondulations électriques de Hertz le long de fils conducteurs par Ed. Sarasin et L. de la Rive. *Archives*, février 1890, t. XXIII, p. 113.

ouvert. Cette analogie implique la réflexion aux extrémités sans laquelle du reste les interférences ne peuvent pas s'expliquer. Je me propose d'appliquer au mouvement oscillatoire électrique la théorie de la réflexion multiple aux extrémités d'un tuyau sonore. C'est admettre l'hypothèse d'une onde électrique cylindrique propagée sans diminution d'intensité suivant l'axe du fil et sinusoïdale. Dans ce qui suit, la quantité qui est assimilée à la vitesse d'oscillation de la tranche de l'onde sonore est l'intensité de la force électromotrice exercée par l'élément du fil dans le plan normal au fil passant par cet élément.

Soit A le bout du fil à partir duquel l'onde initiale se propage, B l'autre bout ;  $l$  la longueur totale,  $x$  la distance entre le point considéré M et l'extrémité B,  $m$  et  $n$  les coefficients de réflexion aux deux bouts,  $r$  et  $s$  les retards produits par la réflexion,  $\lambda$  la longueur d'onde,  $\tau$  la durée d'oscillation. La force électromotrice en A est  $E \sin 2\pi t/\tau$ , où  $E$  est une constante. Au point M considérons la résultante de l'onde initiale et de l'onde réfléchie une première fois en B dans l'hypothèse d'une réflexion sans changement de signe; elle est donnée par

$$Ea \sin 2\pi \left( \frac{t}{\tau} - \Phi \right)$$

$$(1) \quad a = \sqrt{1 + 2m \cos 2\pi(\varphi' - \varphi) + m^2}$$

$$(2) \quad \text{tang } 2\pi\Phi = \frac{\sin 2\pi\varphi + m \sin 2\pi\varphi'}{\cos 2\pi\varphi + m \cos 2\pi\varphi'}$$

et l'on a

$$\varphi' = \frac{l + x + r}{\lambda} \quad \varphi = \frac{l - x}{\lambda}$$

Considérons en second lieu la résultante de l'onde réfléchie une seconde fois en A et de l'onde réfléchie une troisième fois en B. Faisant  $t = t + \Psi_1$  et  $\Psi = [2l + r + s]/\lambda$ , l'amplitude reste la même que dans le cas précédent au coefficient près,  $m\mu$  ou  $\mu$ , et  $\Phi$  ne change pas. Redonnant à l'origine du temps sa première valeur, on voit que la seconde résultante diffère de la première par le facteur  $\mu$  de l'amplitude et la constante  $\Psi$  ajoutée à la phase. En procédant de la même manière, on obtient une suite de résultantes partielles dont les phases sont  $\Phi$ ,  $\Phi + \Psi$ ,  $\Phi + 2\Psi$ , etc., et les intensités  $a$ ,  $a\mu$ ,  $a\mu^2$ , etc. On les compose en appliquant la règle ordinaire. La force totale est exprimée par

$$EA \sin 2\pi (t - \Phi_1)$$

Afin de simplifier faisons disparaître la phase  $\Phi$  par un changement d'origine du temps;  $\Phi$ , devient  $\Psi_1$ ; A et  $\Psi$ , sont déterminés par

$$A \cos 2\pi \Psi_1 = a[1 + \mu \cos 2\pi \Psi + \mu^2 \cos 2\pi 2\Psi + \dots]$$

$$A \sin 2\pi \Psi_1 = a[\mu \sin 2\pi \Psi + \mu^2 \sin 2\pi 2\Psi + \dots]$$

Les séries des seconds membres ont des valeurs connues qui sont respectivement

$$\frac{1 - \mu \cos 2\pi \Psi}{1 - 2\mu \cos 2\pi \Psi + \mu^2} \quad \text{et} \quad \frac{\mu \sin 2\pi \Psi}{1 - 2\mu \cos 2\pi \Psi + \mu^2}$$

<sup>1</sup> Dans le cas des ondes sonores ou lumineuses l'intensité est évaluée par le carré de la vitesse de vibration, mais l'intensité électromotrice elle-même est exprimée par la variable dans l'onde électrique. C'est l'énergie qui est analogue à l'intensité lumineuse.

d'où résulte

$$(3) \quad A = \frac{a}{\sqrt{1 - 2\mu \cos 2\pi\Psi + \mu^2}}$$

$$(4) \quad \tan 2\pi\Psi = \frac{\mu \sin 2\pi\Psi}{1 - \mu \cos 2\pi\Psi}$$

Revenant à l'origine initiale du temps, on a  $\Phi = \Psi + \Phi$  et les équations (3) et (4) donnent la solution complète.

Les conséquences de ces formules sont les suivantes :

1° La valeur de  $A$  indépendamment du point considéré est maxima ou minima suivant que  $2\Psi$  est un nombre entier pair ou impair et par conséquent suivant que  $l + (r + s)/2$  est un nombre entier pair ou impair de fois  $\lambda/4$ .

2° Quelle que soit la valeur de  $\Psi$ , l'intensité pour les points  $M$  présente des maxima et des minima successifs, comme le montre l'équation (1) lorsque  $2(\varphi' - \varphi)$  est un nombre entier pair ou impair. Remplaçant  $2(\varphi' - \varphi)$  par sa valeur, on voit que pour les ventres  $x = 2k\lambda/4 - r/2$ , et pour les nœuds  $x = (2k + 1)\lambda/4 - r/2$ . Les ventres et les nœuds se succèdent à un quart de longueur d'onde à partir du premier nœud dont la distance à l'extrémité  $B$  est seulement  $\lambda/4 - r/2$ . Les intensités au ventre et au nœud sont proportionnelles à  $1 + m$  et  $1 - m$  et sont par conséquent peu différentes si  $m$  est une petite fraction.

De ces deux conséquences, la première n'a pas été jusqu'ici vérifiée<sup>1</sup> pour des fils dont la longueur est de plusieurs longueurs d'onde. Il faut remarquer que le rapport de

<sup>1</sup> *Archives*, loc. cit., p. 153.

l'intensité du maximum et du minimum de  $A$  de l'équation (3) est donné en faisant  $m = n$  par  $1 + m^2/1 - m^2$  quantité notablement plus petite que  $1 + m/1 - m$ , si  $m$  est une petite fraction. De plus, la comparaison des intensités par l'étincelle du résonateur, lorsque les intensités à comparer ne se succèdent pas immédiatement, offre encore d'assez grandes difficultés.

Les résultats expérimentaux sont conformes à la seconde conséquence<sup>1</sup>. La distance constante des nœuds et des ventres successifs permet de déterminer la valeur de  $\lambda$ . Le rapport  $1 + m/1 - m$ , en admettant que l'intensité soit proportionnelle à la longueur de l'étincelle, ce qui est admissible pour une longueur très petite, quelques centièmes de mm., se trouve être environ  $3/2$ , valeur qui rend  $m$  égale à  $1/5$  et explique ainsi que le rapport  $1 - m^2/1 + m^2$ , égal à  $24/26$ , ne puisse pas être évalué. La distance du premier nœud à l'extrémité donne pour la quantité  $r/2$  une valeur qui paraît être proportionnelle à  $\lambda$  et à peu près  $\lambda/10$ .

Dans la démonstration de la formule, j'ai supposé que la réflexion à l'extrémité A se fait aussi sans changement de signe. Or le fil en A est en contact avec une plaque métallique d'une grande capacité et l'expérience a montré qu'une plaque semblable disposée à l'extrémité B donne lieu à une réflexion avec changement de signe, mais le retard  $s$  laissé implicite peut être supposé égal à  $\lambda/2 + s$ , ce qui laisse subsister les résultats énoncés. On peut en dire autant du retard  $r$ , et, en supposant en A une réflexion avec changement de signe, on obtiendra la transformation des nœuds du cas précédent en ventres et récipro-

<sup>1</sup> *Archives*, loc. cit., p. 141 et suivantes.



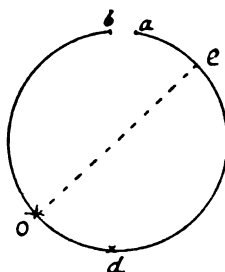
quement. Je n'insiste pas sur cette seconde confirmation de la théorie, parce qu'elle ne fournit pas jusqu'ici d'éléments nouveaux suffisamment précis sur l'ondulation électrique.

## II. RÉSONATEUR.

Le résonateur est un fil conducteur dont les deux extrémités sont rapprochées l'une de l'autre de manière à donner lieu à une étincelle de la décharge oscillatoire qui s'y propage. On peut montrer que les conditions auxquelles le résonateur circulaire doit satisfaire d'après la théorie des réflexions multiples sont celles qui ont été trouvées par l'observation.

Soient  $a$  et  $b$ , dans la figure 1, les extrémités du résonateur. Une décharge oscillatoire ayant son origine en  $o$  se propage simultanément vers  $d$  et vers  $b$ , et il s'agit de déterminer la différence de potentiel aux points  $a$  et  $b$  d'où dépend la production de l'étincelle. Sans assimiler

Fig. 1.



la densité électrique sur la surface du conducteur à la force électromotrice, j'admets qu'elle est, comme cette der-

nière, oscillatoire avec la même période, qu'elle se réfléchit sans changement de signe, et que les formules de la réflexion multiple lui sont par conséquent applicables. La différence de potentiel est proportionnelle à la différence de densité et la densité, propagée le long du résonateur comme s'il était rectiligne, donne lieu à des interférences à partir des extrémités avant que l'étincelle se produise. D'après ce qui précède, on voit que  $a$  et  $b$  sont des ventres, avec une diminution d'intensité à cause de la perturbation à l'extrémité, et que leurs densités sont liées l'une à l'autre par la distribution des nœuds intermédiaires le long du conducteur. Dans le cas actuel, la réflexion aux deux bouts est identique et par conséquent  $n = n$ ,  $\mu = m$ ,  $s = r$ . La plus petite valeur de  $l$  qui donne le maximum général de  $A$  est  $\lambda/2 - r$ , d'où résulte en faisant de plus  $x = 0$  dans les éq. (1), (2), (3),

$$(4) \quad A = \sqrt{\frac{1 + 2m \cos \frac{2\pi r}{\lambda} + m^2}{1 - m^2}}$$

$$(5) \quad \text{tang } 2\pi\Phi = - \frac{\sin \frac{2\pi r}{\lambda}}{\cos \frac{2\pi r}{\lambda} + m}$$

Le numérateur de  $A$  est inférieur à  $1 + m$  et  $\Phi$  inférieur à  $1/2$ , valeurs correspondant à un point fictif à une distance  $r/2$  au delà de l'extrémité. Dans ces conditions la densité de l'onde électrique possède en  $a$  l'intensité maxima dont elle est susceptible, et en  $b$  une intensité égale et de signe contraire. Il en est de même pour l'onde réflé-

chie une première fois en  $b$  et par conséquent, soit pour l'une soit pour l'autre, la différence cherchée est maxima. De plus les deux nœuds relatifs aux extrémités  $a$  et  $b$  coïncident en  $d$  où la densité est minima et cette superposition est la condition nécessaire d'un état électrique possible de maximum d'effet. On voit ainsi que la relation d'égalité trouvée entre le demi-périmètre du résonateur et la distance du premier nœud <sup>1</sup>, c'est-à-dire  $\lambda/4 - r/2$ , s'explique par l'hypothèse des réflexions multiples.

Chacune des ondes donne donc en  $a$  et  $b$  des densités de différence maxima, mais il faut chercher à quelle différence donne lieu la résultante totale et quelle est l'influence de la position du point d'origine  $o$  <sup>2</sup>. Afin d'éclaircir la question, je commence par la simplifier en supposant deux ondes de même intensité partant du point

<sup>1</sup> Ed. Sarasin et L. de la Rive, loc. cit. p. 148.

<sup>2</sup> Je dois à M. A. Potier, dans une lettre relative à ce sujet, de m'avoir rappelé que l'on doit composer les deux ondes et indiquer sommairement la valeur de la résultante : « Je vois bien qu'une onde, partant de  $o$  vers  $d$ , donne naissance après réflexions multiples à un système permanent avec nœud en  $d$ , ventres en  $a$  et  $b$ ; que l'onde, partant de  $o$  vers  $b$  donne le même résultat, et si je compare le résonateur à un tuyau, en appelant  $A$  l'amplitude au ventre du premier mouvement,  $B$  celle du second,  $x$  la distance d'un point au nœud  $d$ , je suis amené à la représenter par des expressions  $A \sin 2\pi x/\lambda \sin 2\pi t/\tau$  et  $-B \sin 2\pi x/\lambda \sin 2\pi (t/\tau - \varphi)$ , la différence des phases  $\varphi$  dépendant de la position du point exciteur, si je traduis bien votre pensée; elle est nulle si ce point est le point  $d$  et va en croissant à mesure qu'il s'éloigne; la différence est  $\varphi = 1/4$  dans la position ordinaire. Ces deux mouvements se superposent, je ne vois pas pourquoi vous les appelez indépendants; si  $A = B$ , ce qui paraît vraisemblable, on sait que l'amplitude résultante sera  $2A \sin \pi \varphi$ . Elle serait nulle si le point exciteur est en  $d$ , égale à  $A\sqrt{2}$  s'il est en  $c$  mais croîtrait encore si le point exciteur se rapprochait de  $b$ . »

d'origine. Soient  $e$  et  $1/2 - \delta$  les valeurs données par (4) et (5) et  $y$  la distance comptée sur le cercle de  $b$  à  $o$ . L'onde allant de  $d$  vers  $o$  donnerait en  $a$  avec un point initial en  $b$ ,  $-e \sin 2\pi(t/\tau + \delta)$ ; le point excitateur se trouvant à une distance  $y$  de  $b$ , la phase est diminuée de  $y/\lambda$  et on a  $-e \sin 2\pi(t/\tau + \delta + y/\lambda)$ . Au point  $b$ , une première réflexion en  $a$  multiplie l'amplitude par  $m$  et ajoute à la phase  $(l - y)/\lambda + \delta$  c'est-à-dire  $1/2 - y/\lambda$  ce qui donne  $me \sin 2\pi(t/\tau + \delta + y/\lambda)$ . On trouve par un calcul semblable que l'effet de l'onde allant de  $o$  vers  $b$  donne en  $b$ ,  $e \sin 2\pi(t/\tau + \delta - r/\lambda - y/\lambda)$  et en  $a$ ,  $-me \sin 2\pi(t/\tau + \delta - r/\lambda - y/\lambda)$ . Faisant la somme des valeurs respectivement en  $a$  et en  $b$ , la différence des densités simultanées désignées par  $u$  et  $u'$  est

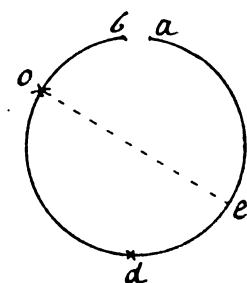
$$(6) \quad u' - u = 2(1 + m)e \sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau} + \delta - \frac{r}{2\lambda}\right) \cos 2\pi\left(\frac{y}{\lambda} + \frac{r}{2\lambda}\right)$$

On voit que pour  $y = \lambda/4 - r/2$ , lorsque le point excitateur est en  $d$ , la différence est nulle et qu'elle croît à partir de cette valeur jusqu'à  $y = 0$  où le maximum d'amplitude est  $2(1 + m)e \cos \pi\delta$ .

On constate expérimentalement qu'en effet l'action est nulle dans le premier cas, mais qu'elle atteint son maximum lorsque le point excitateur, c'est-à-dire le point le plus rapproché du fil agissant, se trouve à une distance de  $b$  un peu moindre que le quart du cercle, au lieu de continuer à croître jusqu'à  $b$ . En outre on observe que l'intensité décroît beaucoup moins rapidement lorsque  $o$  à partir de cette position va vers  $b$  qu'en sens inverse et qu'elle reste notable jusque dans un voisinage presque immédiat de  $b$ . Cette contradiction dans la position du

maximum entre la théorie et l'expérience semble pouvoir s'expliquer en tenant compte de la manière dont le fil excitateur agit sur le résonateur, c'est-à-dire du fait que les deux ondes supposées égales d'intensité, cessent de l'être et qu'il se produit une onde en sens contraire à partir du point *a*, lorsque *o* s'approche de *b*, comme le montre la figure 2.

Fig. 2.



Il faut admettre, en effet, que l'action électromotrice, se produisant dans tout le champ cylindrique dont le fil excitateur est l'axe, donne lieu en chaque point du cercle à une onde élémentaire. Il en résulte que pour une position du point *o* telle que celle de la figure 2, tandis que l'onde *ode* est complète, parce qu'elle se développe dans un demi-cercle entier, l'onde *ob* est notablement moins intense et laisse, à cause de la solution de continuité en *b*, la portion de demi-cercle *as* donner lieu à une troisième onde se propageant de *a* en *e*. Celle-ci fait naître en *a* une densité dont la phase avance sur celle de l'onde *od* d'à peu près  $1/2$ , puisqu'elle se propage directement à partir de *o*, et finit par la neutraliser lorsque le point *o* vient en *b*.

Il est donc évident que le maximum doit se produire pour une certaine valeur de  $\phi$  qui n'est pas nulle. Je ne fais ici qu'indiquer cette complexité vraisemblable de l'action du fil sur le cercle, qui laisse place à un développement plus complet de la théorie.

---

**SUR L'ACCÉLÉRATION**  
**DES**  
**ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES SECONDAIRES**

**PAR**  
**M. Fred.-T. TROUTON<sup>1</sup>**

---

Nous reproduisons à peu près textuellement la partie du travail de M. Trouton dans laquelle il établit une remarquable analogie entre la théorie de l'onde électromagnétique et certaines conséquences du principe d'Huyghens dans le cas d'une onde non limitée. On sait qu'en étendant indéfiniment les limites des intégrales de la fraction on obtient l'éclairement normal, c'est-à-dire l'intensité inversement proportionnelle à la distance, mais que la phase du rayon résultant est plus grande de  $\frac{\pi}{2}$  que celle du rayon obtenu directement. Autrement dit, cette phase est telle que le supposerait une route de plus longue que la distance parcourue par la lumière à partir de la source. Par une analyse approfondie du mode de propagation de l'onde électrique dans le voisinage du vibreur, l'auteur est conduit à voir dans ce

<sup>1</sup> *Philosophical Magazine*, mars 1890, p. 268.

difficulté de l'optique théorique une conséquence de la distribution de l'état vibratoire près du point vibrant, ou tout au moins à signaler un rapprochement plausible.

Rappelons que dans une étude mathématique<sup>1</sup> M. Hertz a déduit de la théorie de Maxwell le mouvement électromagnétique déterminé dans le diélectrique ambiant par le vibreur et obtenu une solution qui s'accorde avec les résultats expérimentaux et les coordonne. Le champ électromagnétique est rapporté à l'axe du vibreur, qui est l'axe de révolution de la surface de l'onde, comme axe des  $z$  et à deux axes rectangulaires dans le plan normal au premier passant par le centre. Pour les points de ce plan, à la considération desquels se limite l'auteur du présent travail, la force électromotrice  $Z$  est parallèle à l'axe des  $z$  et la force magnétique est dans le plan et de plus perpendiculaire au rayon vecteur joignant le point considéré à l'origine.

Considérons en premier lieu la force magnétique; elle est donnée par<sup>2</sup>

$$P = \frac{a}{r} \left[ \sin 2\pi \left( \frac{r}{\lambda} - \frac{t}{\tau} \right) + \frac{\lambda}{2\pi r} \cos \left( \frac{r}{\lambda} - \frac{t}{\tau} \right) \right]$$

où  $r$  est le rayon vecteur,  $\lambda$  la longueur d'onde et  $\tau$  la durée de l'oscillation. Pour les petites valeurs de  $r$ ,  $P$  dépend du cosinus et pour les grandes du sinus ou, ce qui revient au même, du cosinus en remplaçant la variable  $t$  par  $t - \tau/4$ . Ceci indique une accélération de  $\tau/4$  dans la vitesse de propagation en passant du voisinage immédiat du vibreur à une grande distance.

<sup>1</sup> *Wiedemann's Annalen*, 1889, n° 1; *Archives*, 1889, t. XXI.

<sup>2</sup> Dans la valeur de  $P$  du mémoire cité, une faute d'impression a supprimé le premier facteur  $1/r$ . *Archives*, précéd. cit., p. 556.



Ne nous contentons pas de cette indication et voyons comment varie la vitesse de propagation qui répond à une valeur constante de  $P$ . Choisissons  $P$  la valeur zéro, d'où résulte, en remplaçant  $2\pi/\tau$  par  $n$ , et  $2\pi/\tau$  par  $n$ ,

$$\operatorname{tang}(mr - nt) = -1/mr$$

équation qui, différenciée, donne

$$v = \frac{dr}{dt} = V \frac{m^2 r^2 + 1}{m^2 r^2}$$

$V$  étant la vitesse normale ou  $\lambda/\tau$ . On voit que pour  $r$  à zéro la vitesse est infinie et qu'à mesure que  $r$  grandit elle se rapproche de sa limite  $V$ . M. Hertz a indiqué comment il faut interpréter cette valeur infinie dans le voisinage du vibreur ; elle implique le fait que l'énergie radiante a son origine dans le milieu ambiant, qui se trouve être la véritable source de l'ébranlement initial, puis qu'elle apparaît simultanément avec l'ébranlement au centre. Afin d'obtenir l'accélération due à la variation de la vitesse le long d'un chemin très grand, on considère l'intégrale

$$\int_0^{N\lambda} \frac{dr}{v} = \frac{1}{V} \left[ N\lambda - \frac{1}{m} \operatorname{arctang} mN\lambda \right]$$

dont la limite, lorsque  $N$  devient un grand nombre, est  $N\lambda - \tau/4$ . Le calcul de cette intégrale, en remplaçant par la valeur ci-dessus, n'offre pas de difficulté. Si, au lieu de donner à  $P$  la valeur zéro, on choisit celle pour laquelle  $P$  est maximum ou minimum déterminée

$dP/dt = 0$ , la valeur de  $v$  est la même. D'autre part, cette vitesse se trouve être aussi celle avec laquelle se propage, dans la représentation graphique de l'onde<sup>1</sup>, la circonférence qui est la ligne de force pour la valeur zéro de  $Q$ . En effet, la valeur de  $Q$ <sup>2</sup> égale à zéro donne, de même que  $dP/dt$ , la condition  $\text{tang}(mr - nt) = mr$ .

Considérons en second lieu la force électro-motrice dont l'expression est

$$Z = \frac{a}{r} \left[ -\sin(mr - nt) - \frac{\cos(mr - nt)}{mr} + \frac{\sin(mr - nt)}{m^2 r^2} \right]$$

qui ne permet pas de conclure à une accélération  $\tau/4$  comme dans le cas de  $P$ . Cherchons de nouveau la vitesse de propagation correspondant à la valeur zéro de  $Z$ ; on trouve

$$\text{tang}(mr - nt) = \frac{mr}{1 - m^2 r^2}$$

et, en différentiant,

$$v = \frac{dr}{dt} = V \frac{m^2 r^4 - m^2 r^2 + 1}{m^2 r^2 (m^2 r^2 - 2)}$$

On voit que  $v$  a une valeur infinie pour les deux valeurs de  $r$ , 0 et  $\lambda/\pi\sqrt{2}$ , cette dernière valeur pouvant être remplacée approximativement par  $\lambda/4.4$ . Pour les points intermédiaires la vitesse est négative, c'est-à-dire di-

<sup>1</sup> *Archives*, précéd. cit. Le lecteur qui a sous les yeux les figures représentant la propagation des lignes de force doit y remplacer  $\lambda$  par  $\lambda/2$  et substituer dans le texte  $\tau/2$  à  $\tau$ , parce que l'oscillation simple du mémoire original est la moitié de l'oscillation totale.

<sup>2</sup> *Archives*, précéd. cit., p. 526.

rigée vers le centre. On doit remarquer que dans l'équation de condition,  $nr = mr - \text{arc tang. } \frac{mr}{1-m^2r^2}$ , second membre pour des valeurs finies de  $r$  croissant passe par un minimum qui n'est pas zéro; ce minimum a lieu pour la même valeur de  $r$ ,  $\sqrt{2}/m$ , qui annule le facteur  $m^2r^2 - 2$  et rend la vitesse infinie. C'est donc seulement à partir de la valeur correspondante de  $r$  laquelle est égale à  $\tau/2 - 0.12\tau$ , que la valeur zéro de  $Z$  peut se produire dans le champ. La représentation graphique de l'onde interprète correctement cette circonstance de la propagation. Il faut se rappeler que les courbes sont celles de l'équation  $Q = \text{Constante}$  et que  $Z$  dépend de  $Q$  par la relation  $Z = 1/r \times dQ/dn$  où  $dn$  est l'élément de normale entre deux courbes voisines; la direction de  $Z$  est la tangente à la courbe. La valeur zéro de  $Z$  correspond donc au point où la courbe se réduit à un cercle infiniment petit, puisque  $Q$  ayant la même valeur sur tous ses points,  $dQ$  est nul en passant d'une extrémité à l'autre du diamètre. On doit se représenter le petit cercle de la figure 4 comme la section par un plan méridien d'un anneau à section circulaire émis par rayonnement à partir du vibreur.

Évaluons le temps de propagation de l'onde par l'intégrale

$$\int \frac{dr}{v} = \frac{1}{V} \left[ r - \frac{1}{m} \text{arc tang } \frac{mr}{1-m^2r^2} \right]$$

à prendre entre les deux valeurs de  $r$  choisies pour limites. En prenant  $N\lambda$  pour limite supérieure et pour limite inférieure  $\lambda/4.4$ , c'est-à-dire le point où paraît la valeur zéro de  $Z$ , on trouve  $\tau(N - 1/4.4) - \tau/2\pi \text{ arc tang. } \sqrt{2}$  où

première partie est le temps normal. Si l'on compte la durée de propagation à partir de l'origine du temps, il faut ajouter au résultat obtenu par l'intégrale le temps de l'apparition au point  $\lambda/4.4$ , ce qui donne  $N\tau$ , et si l'on compte à partir du moment où la valeur zéro de  $Z$ , revenue vers le centre, l'atteint, ce qui a lieu à  $\tau/2$ , on trouve  $N\tau - \tau/2$ . Dans aucun des deux cas, cette durée de propagation ne correspond à un chemin réellement parcouru et l'on se rend bien compte des conditions du phénomène en comparant la marche simultanée de l'onde magnétique et de l'onde électromotrice. La première, dont la propagation peut être, comme on l'a dit, assimilée à celle de la circonférence  $Q = 0$ , atteint un point situé à une grande distance avec une accélération de  $\tau/4$  sur la durée déterminée par la vitesse normale et définitive. Quant à la seconde, la valeur zéro de  $Z$  ne peut pas être considérée comme se propageant à partir du centre où elle se produit théoriquement pour l'origine du temps, mais sans se communiquer au milieu ambiant. Elle y est simultanée avec la valeur maxima de  $P$ , et comme, d'autre part, pour une grande distance,  $P$  et  $Z$  ont simultanément leur maximum et leur minimum, il faut qu'entre les deux époques le minimum de  $Z$  ait subi un retard de  $\tau/4$ . Cette condition est satisfaite par la disparition au centre de la valeur zéro de  $Z$  et sa réapparition en  $\lambda/4.4$ , point à partir duquel elle se propage de manière à se retrouver en accord avec  $P$ .

Si, au lieu de choisir la valeur zéro de  $Z$ , on considère celle pour laquelle  $Z$  est maximum ou minimum, on trouve la même expression pour la vitesse de propagation, de manière que le point  $\lambda/4.4$  peut être considéré comme la véritable origine de l'ébranlement. Par suite de

la transformation de l'énergie dans le voisinage du vibreur, passant de la forme magnétique à la forme électromotrice, c'est en ce point qu'elle atteint en premier lieu son maximum à un instant qui précède de  $\tau/8$  environ celui du maximum au centre,  $\tau/4$ . Cette valeur maximale se propage, soit dans le sens de l'onde, soit vers le centre à partir de ce point. De même que pour la valeur zéro, le double fait du point de départ autre que le centre et de la variation de vitesse met, pour une grande valeur de  $\tau$ , l'onde électrique en accord avec l'onde magnétique.

On est ainsi amené à se demander si l'ébranlement élémentaire qu'il faut considérer lorsqu'on applique le principe d'Huyghens n'est pas analogue à celui qui est produit par le vibreur de Hertz. Chaque ébranlement isolé présenterait en effet des extrémités ou pôles équivalents aux densités électriques opposées du vibreur. Le seul mode connu pour provoquer un ébranlement lumineux étant la présence de la matière pondérable, il semble plausible d'y assimiler l'ébranlement de l'onde d'Huyghens. On peut objecter que le vibreur étant un conducteur, il y existe des courants de conduction, mais d'autre part, d'après l'auteur, il résulte d'expérience qu'il décrit plus loin qu'un diélectrique tel que du verre agit par réflexion et donne lieu par conséquent à un ébranlement élémentaire.

L'étude de M. Trouton, qui a trait encore à des phénomènes de réflexion justifiant son titre, mérite, nous semble-t-il, d'attirer l'attention et de se joindre aux recherches mathématiques ayant pour objet la liaison des phénomènes électriques avec ceux de l'élasticité, liaison implicitement contenue dans la théorie de Maxwell. En résumé, le retard de  $\lambda/4$  du principe d'Huyghens se trouve

identique à celui de l'onde magnétique du vibreur, laquelle, d'autre part, caractérise aussi bien l'onde électromotrice, puisque celle-ci finit par être en accord avec elle pour une valeur suffisamment grande de  $r$ . En assimilant l'état vibratoire de l'élément d'onde lumineuse à celui de l'élément de l'onde électromagnétique, supposé lui-même conserver les propriétés de l'onde de grandeur finie, on a une solution de la difficulté dont il s'agit, puisque dans la composition de l'onde pour un point éloigné il faut diminuer de  $\lambda/4$  la distance. En d'autres termes, le mécanisme de l'état vibratoire est tel que si l'on considère chaque élément de la surface de l'onde comme vibrant isolément, on doit, comme conséquence de cette décomposition, diminuer la phase d'un quart. La phase de l'état vibratoire de l'élément est définie dans cette hypothèse par celle de la force magnétique à l'origine et se trouve identique à celle de la surface de l'onde d'Huyghens. Quant à l'état vibratoire de la force électromotrice de l'élément isolé des éléments voisins, on peut l'assimiler à ce qu'il est dans le voisinage du vibreur, et cette hypothèse ne change rien à la règle de composition consistant à diminuer la phase d'un quart.

L. DE LA RIVE.

SUR LA  
THÉORIE DES DISSOLUTIONS

PAR  
M. Ch.-Ed. GUILLAUME

---

Des découvertes très importantes faites coup sur coup sur ce tournent, en ce moment, l'attention des physiciens et physico-chimistes du côté des dissolutions, et des conséquences que l'on peut en tirer concernant la constitution de la matière.

Les recherches théoriques ou expérimentales dans ce domaine sont si nombreuses qu'en refaire ici la bibliographie nous entraînerait beaucoup trop loin; elles sont presque toutes consignées dans la *Zeitschrift für physikalische Chemie* dirigée par MM. van T'Hoff et Ostwald; c'est dans cette revue que l'on peut en suivre le développement. M. Étard vient d'en faire un excellent résumé dans la *Revue des Sciences*<sup>1</sup>.

On admet aujourd'hui que, dans bien des cas, un corps dissous est en partie dissocié (Arrhénius); c'est, jusqu'à présent, la seule hypothèse qui puisse rendre compte de certains phénomènes considérés au début comme des anomalies.

<sup>1</sup> Paris, Doin, n° du 15 avril.

Mais on est allé plus loin; par des considérations thermodynamiques du plus haut intérêt, M. von Helmholtz conclut à la nécessité de la dissociation partielle de l'eau. Ce résultat est si important, qu'il n'est pas inutile d'en contrôler directement les conséquences.

## I

Reprenons d'abord la marche suivie par l'illustre physicien. Tandis que la théorie élémentaire de l'électrolyse nous enseigne que l'eau ne peut être décomposée en ses éléments par une force électromotrice inférieure à une limite donnée, l'expérience montre que toute force électromotrice entretient un courant durable à travers le liquide. Dans bien des cas, les impuretés suffisent à l'expliquer; mais, lorsque tout a été purifié et nettoyé avec beaucoup de soin, le phénomène se produit encore, et il faut avoir recours à une autre explication. D'après M. von Helmholtz, le courant résiduel est dû à une électrolyse de l'eau, dans laquelle les gaz dissous dans le liquide ou préalablement occlus dans les électrodes fournissent à la réaction l'énergie qui manque au courant, puis, se dégageant dans le voisinage des électrodes opposées, traversent le liquide par diffusion, et recommencent perpétuellement le même cycle. La sensibilité des méthodes électriques permet de déceler un courant entretenu par une quantité de gaz prodigieusement faible, et, quoi que l'on fasse pour éloigner les gaz, il en reste toujours un peu.

En outre, l'expérience montre que, au moment où commence l'électrolyse visible, rien dans le régime du



courant ne permet de supposer que les forces chimiques ont été vaincues subitement par les forces électriques.

La thermodynamique rend fort bien compte de ces phénomènes. Si l'on calcule la valeur de la fonction que M. von Helmholtz nomme énergie libre du système matériel (fonction caractéristique de M. Massieu changée de signe), en partant de l'expression de l'énergie totale que possèdent les gaz H et O dissous dans l'eau, et celle de l'eau elle-même, on trouve, pour la différence de ces quantités, l'expression

$$F_g - F_{aq} = A + B(1 - \text{Log} v_h) + C(1 - \text{Log} v_o)$$

A, B et C contiennent la température comme seule variable;  $v_h$  et  $v_o$  sont les volumes spécifiques que devraient posséder le gaz au-dessus du liquide pour produire la concentration considérée de la solution gazeuse. Ou, en changeant la valeur numérique de la constante A, on peut dire aussi que  $v_h$  et  $v_o$  représentent le volume spécifique des gaz dissous.

Cette équation nous enseigne que, plus l'eau est saturée de gaz, plus la différence  $F_g - F_{aq}$  diminue; il en est de même de la force électromotrice de décomposition qui lui est proportionnelle. Cette conséquence a été vérifiée par l'expérience pour des pressions du gaz variables entre la pression atmosphérique et 10 mm. d'eau environ.

Mais l'auteur va plus loin. Au point de vue purement mathématique, il est permis de donner à  $v_h$  et  $v_o$  des valeurs telles que  $F_g - F_{aq} < 0$ . Dans ce cas, l'équilibre n'est plus possible, et l'eau doit tendre à se décomposer en une solution gazeuse jusqu'à ce que  $F_g - F_{aq} = 0$ .

Un certain nombre de molécules sont sacrifiées, et assurent ainsi l'existence des autres.

La quantité de gaz tonnant suffisante pour assurer l'équilibre serait de  $0,2655,1036 \frac{g.}{cm^3}$ .

Nous pouvons chercher à nous représenter quelle serait la répartition d'une quantité de matière aussi faible.

Supposons, d'après les théories généralement admises, que la molécule d'eau soit composée de 1 atome de O et de 2 atomes de H. La masse moyenne de ces atomes est égale à  $\frac{1}{3}$  de la masse d'une molécule d'eau. Ce nombre est assez approché de 0,26 pour qu'on puisse admettre pour simplifier que 1036 molécules d'eau contiendront un atome de gaz; deux atomes gazeux voisins seront donc, en moyenne, séparés par  $10^{\frac{3.6}{3}} = 10^{11}$  molécules d'eau.

D'autre part, il existe de nombreuses déterminations de la grandeur absolue des molécules, ou de la distance des centres de deux molécules dans un solide ou un liquide. Bien que la plupart des raisonnements dans ce domaine soient peu rigoureux, les résultats sont tellement concordants, qu'on peut leur accorder quelque vraisemblance. La limite supérieure est généralement fixée à  $1 \text{ m}\mu^1$ , la limite inférieure, un peu au-dessous de  $0,1 \text{ m}\mu$ .

Or  $10^{11} \text{ m}\mu = 1 \text{ km.}$ ; suivant la valeur adoptée pour la grandeur de la molécule, nous serions donc conduits à conclure que deux atomes isolés seraient distants de 100 m. à 1000 m. Il est bien évident que ces atomes

<sup>1</sup> Millième de micron.

ne peuvent exercer aucun effet sur l'équilibre général du liquide.

Il faut donc renoncer à la conclusion, au moins numérique à laquelle entraîne la supposition  $F_g - F_{aq} = 0$ , et chercher la cause de la contradiction. Pour y parvenir, il convient d'établir d'abord quelques propriétés générales des dissolutions, évidentes du reste, et qu'il suffit d'énoncer.

## II

Les célèbres expériences de Bessel ont démontré que, jusqu'aux extrêmes limites des mesures les plus précises, on ne constate aucune action spécifique des corps à grande distance. Les quantités qui entrent au numérateur dans la formule d'attraction de Newton sont uniquement les masses des corps, c'est-à-dire que l'accélération de la pesanteur est la même pour tous les corps. Si, par exemple, nous plaçons à 1 m. de distance deux sphères de 1 cm. de diamètre, respectivement remplies d'hydrogène et d'oxygène, elles s'attireront comme si elles étaient remplies des mêmes masses d'un seul de ces gaz. Mais, à une distance très petite, il n'en est plus de même; les corps exercent une action spécifique les uns sur les autres. Il serait très aventureux d'admettre que cette action cesse jamais; tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'à partir d'une certaine distance, aucune méthode de mesure ne permet de la constater. Pour simplifier les raisonnements qui suivent, nous supposerons que l'action spécifique des corps est appréciable jusqu'à une certaine distance, rigoureusement nulle à partir de là. C'est

ainsi que nous parlerons du rayon de la sphère d'action des molécules, comme s'il était parfaitement défini. Les résultats seraient du reste exactement les mêmes, si nous ajoutions toujours le qualificatif *sensible* à l'expression *sphère d'action*<sup>1</sup>.

Les expériences bien connues de MM. Quincke, Plateau, Henry, etc., conduisent à admettre que le rayon de la sphère d'action moléculaire est de  $0,05 \mu$  environ. En dehors de cette sphère qui lui est concentrique, une molécule en dissolution n'exerce plus aucune action sur le liquide dans lequel elle se trouve. D'après ce qui a été dit, et en admettant la limite inférieure pour la grandeur des molécules, nous pouvons admettre que 1000 molécules en ligne droite trouveront place sur le diamètre de la sphère d'action de la molécule centrale, et qu'une molécule contient, dans sa sphère d'action, un nombre de molécules de l'ordre de  $10^9$ .

Lorsqu'un corps quelconque est en solution dans un liquide, il tend à se répandre uniformément dans le dissolvant; l'uniformité est définitivement assurée par la diffusion, mais on sait dans quelle mesure elle peut être favorisée par des procédés mécaniques. En apparence, les molécules du corps dissous se repoussent; plus exactement, elles cherchent à atteindre des portions du liquide dans lesquelles le nombre spécifique des molécules du dissolvant soit aussi grand que possible. Mais cette tendance à l'uniformité n'est pas indéfinie; chaque molécule du corps dissous tend à n'avoir dans sa sphère d'action que des molécules du dissolvant, et, comme les affi-

<sup>1</sup> Nous avons renoncé à l'expression *rayon d'activité*, le mot *activité* étant plutôt synonyme d'*énergie* que de *force*.

nités sont d'autant mieux satisfaites que les molécules du dissolvant situées dans la sphère d'action des molécules du corps dissous sont plus nombreuses, les molécules dissoutes tendront à s'éloigner jusqu'à ce que leurs sphères d'action soient tangentes; à partir de ce moment, elles seront complètement indépendantes.

Supposons qu'une solution soit juste assez concentrée pour que les sphères d'action des molécules dissoutes puissent être tangentes; ces molécules se placeront en réalité de manière à remplir cette condition; nous dirons alors que la solution est à la *concentration critique*. Mais, si l'on ajoute une certaine quantité du dissolvant, les molécules dissoutes deviennent libres dans une certaine mesure; la concentration maxima d'une portion du liquide ne pourra pas être supérieure à la concentration critique; mais il n'y a aucune raison physique qui s'oppose à ce que cette concentration s'abaisse jusqu'à zéro pour des espaces très petits. La répartition des molécules n'est plus régie que par la loi des grands nombres<sup>1</sup>. On peut envisager la solution comme un mélange quelconque d'une solution uniforme minima avec le dissolvant. La valeur de la concentration critique est comprise entre un millionième et un milliardième.

Lorsqu'un corps est soluble dans un liquide, le minimum de solubilité doit être suffisant pour que l'on puisse atteindre la concentration critique. On peut, en effet, se figurer toutes les molécules dissoutes rassemblées dans une portion du liquide de manière à réaliser la concentration critique; elles sont sans action réciproque; il ne

<sup>1</sup> Nous faisons évidemment abstraction de toutes les forces extérieures.

se formera donc aucun précipité, et de nouvelles quantités de matières pourront se dissoudre dans le reste du liquide pur.

Au-dessous de la concentration critique, toutes les propriétés de la solution doivent varier proportionnellement à la concentration; au-dessus, la loi de variation est fréquemment la même, mais ne l'est plus nécessairement. Si, donc, on pouvait déterminer exactement le point où diverses propriétés des solutions cessent d'être rigoureusement proportionnelles à la concentration, on aurait une relation numérique entre la grandeur des molécules et le rayon de leur sphère d'action. Il n'est pas certain que l'on y arrive jamais, mais une autre propriété pourra sans doute être soumise plus facilement au contrôle de l'expérience; c'est la suivante :

On admet généralement que la chaleur de dissolution diminue asymptotiquement avec la dilution. Si nos considérations sont exactes, la chaleur de dissolution doit être rigoureusement nulle au-dessous de la concentration critique.

### III

Revenons au point de départ de ces considérations : la contradiction signalée entre les conséquences d'une équation, et les données d'un raisonnement immédiat.

On pourrait admettre d'abord que la molécule est composée d'un nombre très grand d'atomes, qui peuvent se répandre uniformément dans le liquide; si leur sphère d'action était la même que celle de la molécule, leur nombre devrait être de  $10^{24}$  au minimum.

L'hypothèse inverse conduirait à supposer que les va-

leurs numériques des paramètres de la formule ne sont pas constantes; déterminées pour des concentrations moyennes, elles se modifieraient sensiblement pour des solutions très diluées, et assigneraient la valeur minimum de  $10^{-9}$  à la concentration de la solution gazeuse assurant l'équilibre.

Mais il faut reconnaître que ces deux hypothèses sont peu probables les écarts étant beaucoup trop grands; la cause de la contradiction doit être cherchée ailleurs. C'est en donnant à  $v_h$  et  $v_o$  des valeurs extrêmement grandes que l'on annule la différence  $F_g - F_{aq}$ . Or il est légitime de se poser la question : Peut-on attribuer au volume spécifique d'un gaz ou d'un autre corps en solution une valeur positive quelconque? Pour la limite inférieure, la question est résolue négativement par l'impenétabilité de la matière. La notion de la concentration critique conduit à admettre qu'il en est de même pour la limite supérieure. Lorsque les molécules sont indépendantes les unes des autres, c'est-à-dire lorsqu'il existe des espaces soustraits à leur action, ces espaces ne doivent pas être ajoutés à ceux qui environnent les molécules, pour composer un espace total, donnant le numérateur du volume spécifique, dont le dénominateur est fourni par la masse de matière comprise dans cet espace. Le maximum de volume spécifique d'un corps dissous correspond à la concentration critique; pour une dilution plus grande tous les espaces qui ne sont pas compris dans la sphère d'action d'une molécule doivent être éliminés du calcul comme s'ils n'existaient pas.

Il est donc légitime de douter que l'équation de dépendance renferme, comme conséquence, la nécessité d'une dissociation spontanée de l'eau.

**NOUVEL APPAREIL**  
**POUR MONTRER LES**  
**VARIATIONS DE LA TENSION SUPERFICIELLE**  
**DES LIQUIDES**

**PAR**  
**M. F. LECOINTE**  
Professeur à Gand.

---

Je rappelle d'abord une modification apportée par mon bienveillant professeur, M. Van der Mensbrugghe, à des appareils qu'il a décrits antérieurement dans *La Nature*, n° du 28 juillet 1888 (voir fig. 4, p. 137).

M. Van der Mensbrugghe tend à travers un cadre carré en fil de fer de 10 centimètres de côté, des fils plus fins, de manière à partager approximativement la surface en centimètres carrés. On pourrait appeler cet appareil la gaulre capillaire (voyez fig. 1, plan et élévation). Cette gaulre est reliée par quatre fils partant des sommets à un bouchon de 65 mm. de diamètre et 25 mm. d'épaisseur. Le bouchon est traversé au milieu par une tige rigide qui supporte une petite corbeille destinée à recevoir du lest.



On met le petit appareil dans un vase contenant l'eau et on le leste de manière que le bouchon émerge quelques millimètres. On l'enfonce alors dans le vase pour amener la gaufre au niveau du liquide. Ma-

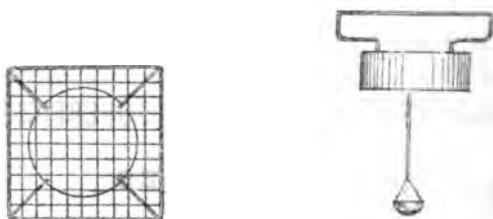


Fig. 1.

l'excès de la poussée, l'appareil est retenu dans ce position par la tension superficielle : il se forme des ménisques concaves sur toute la longueur des fils de fer. Après quelques tâtonnements, on parvient à lester l'appareil de manière que la résultante verticale des actions dues à la tension superficielle, augmentée du poids du système, ne surpasse très peu la poussée du liquide. Si alors on diminue la tension superficielle en laissant tomber sur la gaufre de la poudre de savon ou des gouttelettes d'éther, l'appareil abandonne la surface liquide et se relève brusquement. Si l'appareil est bien réglé, c'est-à-dire si la force dont nous avons parlé tantôt est très faible, il suffit de déboucher au-dessus de la gaufre un flacon contenant de l'éther pour provoquer le mouvement. Cette élégante expérience est d'un effet magique.

Dans l'appareil analogue que j'ai construit, le mouvement de translation verticale est remplacé par un mouvement de rotation. C'est une gaufre carrée en fil de fer

de mêmes dimensions que la précédente ; l'un des côtés du carré porte des prolongements sur lesquels on enfle des demi-bouchons. Deux de ces bouchons, qui restent fixes, portent des tiges verticales ramenées ensuite horizontalement. Une tige transversale, placée à cheval sur ces deux premières, supporte une petite corbeille.

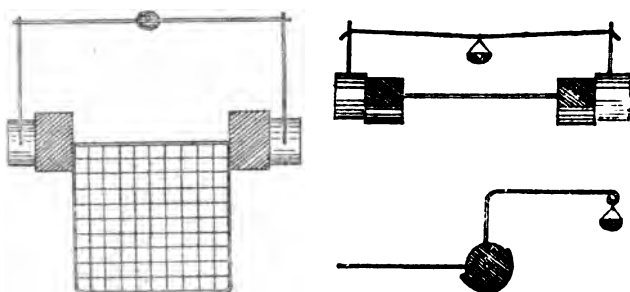


Fig. 2.

Plan, élévation et coupe.

On commence par déposer la gaufre sur l'eau avec précaution. Il s'agit ensuite de régler l'appareil. En effet, les poids mis dans la corbeille enfoncent de plus en plus le côté prolongé du carré gaufré, et à un moment donné il peut y avoir submersion. On évitera cet accident en tournant les demi-bouchons de manière à augmenter le volume plongeant dans l'eau. Ainsi compris, les bouchons sont de véritables régulateurs. Pour le poids maximum que l'on met dans la corbeille, il faut que l'arête longue ne s'enfonce pas sensiblement au-dessous du niveau de l'eau. Le fonctionnement de l'appareil se comprend très facilement : on met de la grenaille de plomb et du sable dans le panier, et le côté opposé du carré se soulève, tend

à abandonner le liquide. Il arrive un moment où la tension superficielle seule du liquide retient la gaufre; alors on diminue cette tension par un des moyens indiqués plus haut, on voit immédiatement le système culbuter. On peut attacher dans l'un des bouchons une longue tige de graminée portant un petit index en papier; l'index décrit un grand arc de cercle dans l'espace quand la culbute se produit; cet artifice rend le mouvement sensible de loin. Enfin, on peut rendre le mouvement moins précipité en fixant des palettes sur les bouchons à l'intérieur de l'eau.

L'appareil que je viens de décrire n'a pas les qualités esthétiques des flotteurs de M. Van der Mensbrugghe, mais il est plus facile à construire, peut-être plus facile à employer, car il n'exige pas un vase profond; il règle plus commodément. Enfin, il est aussi sensible, il fonctionne également sous l'influence des vapeurs d'éther.

DEUX

## NOUVEAUX ÉTHERS NITRIQUES BUTYLIQUES

PAR

**M. le prof. Jacques BERTONI**

de la R. Académie navale de Livourne.

---

L'on connaît depuis un quart de siècle quatre alcools butyliques, dont l'isobutylique seul a été, jusqu'à présent, transformé en éther nitrique. Une des causes qui a retardé la formation des trois autres éthers mérite d'être rappelée, savoir la certitude de détruire un matériel précieux, dont la préparation s'est toujours montrée pas mal difficile, même jusqu'à ces derniers temps.

Je laisserai de côté le triméthylcarbinol, car on saisit à priori qu'il n'est pas possible de le transformer dans le nitrate correspondant, ni avec l'acide nitrique en présence de l'urée, ni par la méthode de Chapman. Il est probable qu'on n'arrivera point à le préparer même par voie indirecte. Cela m'oblige à me borner, pour le moment, aux deux autres alcools butyliques, normal et secondaire. Il est bien vrai que le passage de ces alcools à l'état d'éthers nitriques n'est guère sans obstacles, surtout lorsqu'il s'agit de l'alcool secondaire. Ce fait a sans doute retardé la connaissance de leurs nitrates. L'idée que les chimistes les ont laissés de côté par leur importance scientifique et prati-

que minime, me semble de bien peu de valeur. Certes, éthers nitriques n'ont profité à l'industrie que par le nitro-glycérine, le fulmicoton et le nitrate d'éthyle. Mais ces corps ont bien suffi à justifier l'étude qu'on a faite continuellement de ces éthers, même lorsqu'ils ne reviennent que pour le moment, qu'un intérêt théorique.

Si l'étude des principaux termes des différentes séries de composés organiques est par elle-même très importante, la recherche de tous les membres de chaque série ne l'est pas moins, car elle entraîne souvent à des découvertes minutieuses qui effacent d'anciennes erreurs, et en montrant des analogies nouvelles et des déductions utiles.

Au point de vue de l'intérêt théorique, les recherches concernant la préparation des deux éthers auraient dû porter d'abord sur l'éther nitrique du triméthyle carboné, ensuite sur l'alcool butylique secondaire, et en dernier lieu sur le nitrate butylique primaire normal. Cependant les difficultés techniques m'ont obligé à intervertir l'ordre indiqué; elles m'ont en effet empêché jusqu'ici la préparation de l'éther nitrique par l'alcool butylique tertiaire que je pense pouvoir effectuer dans quelque temps, par des voies indirectes. Il est bien connu, en effet, que la facilité des alcools à s'éthérifier diminue en partant des alcools primaires normaux, jusqu'aux primaires avec chaîne ramifiée; s'affaiblit rapidement dans les secondaires, spécialement chez les tertiaires, dans lesquels elle est à son minimum.

Je décrirai donc en premier lieu l'éther nitrique de l'alcool butylique normal et ensuite celui de l'alcool butylique secondaire.

## I

## NITRATE BUTYLIQUE NORMAL.

J'emploie, dans la préparation de cet éther, l'alcool butylique normal tiré de la fermentation de la glycérine et tel qu'il sort de l'usine F.-A.-C. Kahlbaum de Berlin.

Cet alcool par lui-même de fort bonne qualité, parfaitement déshydraté à l'aide du carbonate de potasse et ayant un point d'ébullition constant entre 115 et 116° C., a été fait égoutter par portions de 10 cc. chaque, dans 30 cc. d'un mélange de 2 vol. d'acide sulfurique concentré et 1 vol. d'acide nitrique 1.4, plongé dans un mélange frigorifère. On agite sans cesse l'alcool qui dégoutte, afin d'empêcher que la température ne s'élève au delà de 0°, dans un point quelconque de la masse, évitant de la sorte des réactions secondaires, qui entraîneraient la destruction totale du produit désiré. L'opération achevée, on abandonne le mélange à soi, durant l'espace d'un quart d'heure, pour que la réaction se complète; on le verse ensuite sur de la glace. On voit bientôt paraître à la surface du liquide une couche huileuse, qui tombe au fond, lorsqu'on ajoute de l'eau en excès, cela à cause de la densité affaiblie de la solution acide.

On répète cette préparation à loisir, on recueille le produit de chaque traitement et l'on sépare au moyen d'un entonnoir à robinet. On agite l'éther avec une solution diluée de carbonate de soude, on lave plusieurs fois avec de l'eau. On récolte le produit et on le fait sécher, pendant quelques jours, au contact du nitrate de calcium

anhydre, que l'on renouvelle jusqu'au moment où il se montre inaltéré, même après une semaine.

L'éther ainsi obtenu, distillé sur du nitrate calcique donna, au premier abord, quelques cc. d'un liquide bouillant à 134°. Dès que le thermomètre s'éleva à 135°, le liquide se prit à distiller et continua ainsi avec régularité jusqu'au passage presque complet du produit, cela entre 135 et 137°. Si l'on reprend la distillation, on voit que la plupart du produit est un liquide bouillant à 136° environ, savoir : le *nitrate butylique normal*.

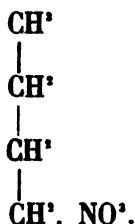
*Propriétés.* L'éther ainsi préparé est un liquide limpide, incolore, ayant une odeur et une saveur agréables d'éther, douceâtre, rappelant d'abord le nitrate d'éthyle, puis pénétrant et brûlant sans d'ailleurs provoquer ce mal de tête, qui est éveillé par son isomère préparé par MM. Wurtz et Chapman.

Insoluble dans l'eau, il est soluble dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique, etc. En présence des acides sulfurique, chlorhydrique, sulfhydrique il se comporte tout à fait comme le nitrate isopropylcarbinolique. Il brûle avec une flamme olivâtre. Son point d'ébullition est à 136°, son poids spécifique à 0°, de 1,048. Il n'engendre point d'insomnie à l'instar de son isomère isobutylique. Lorsqu'on le surchauffe, il fait entendre une *détonation*.

L'analyse a fourni les résultats suivants :

D'après l'expérience:	D'après le calcul:
C... 40.58	40.33
N... 11.36	11.76

Ces chiffres autorisent la formule  $C^4H^9NO^3$ . L'éther nouveau a donc, par sa genèse et ses propriétés, la constitution que voici :



## II

## NITRATE BUTYLIQUE SECONDAIRE.

La préparation de cet éther a été précédée par des essais infructueux. Les résultats ont été négatifs avec la méthode classique de Millon. Je ne veux pas cependant en conclure qu'il soit vraiment impossible de préparer le nitrate, directement avec de l'acide nitrique et de l'urée. J'ai dit plus haut que les alcools secondaires sont difficilement transformables dans les nitrates correspondants.

La méthode qui a fourni les meilleurs résultats est toujours la même ci-dessus exposée. On a eu cependant toujours la précaution d'opérer chaque fois avec des petites proportions et lentement, à des températures toujours inférieures à 0° et d'agiter sans cesse, dans le but d'éloigner toute réaction secondaire. Malgré ces soins, les opérations n'eurent, au premier abord, aucun succès.

Les différentes portions recueillies, lavées et séchées, ont fourni un produit bien caractérisé, savoir : le *nitrate butylique secondaire*.

*Propriétés.* Ce nitrate est un liquide incolore, mobile,



ayant une odeur agréable, éthérée, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, le sulfure de carbone, etc. Il se décompose plus facilement que ses isomères (normal, primaire et iso), par l'hydrogène sulfuré, en isolant du soufre, par le sulfate ferreux, en déposant de l'ocre, par l'acide sulfurique en développant des vapeurs rutilantes. Le point d'ébullition est de  $124^{\circ}$ , le poids spécifique à  $0^{\circ}$  de 1.0382. Le nitrate, chauffé à quelques degrés au-dessus de son point d'ébullition, est *explosif*.

L'analyse a donné les résultats suivants :

D'après l'expérience :

C . . . 40.24

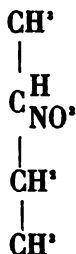
N . . . 11.90

D'après le calcul :

40.33

11.76

L'éther décrit peut donc être représenté par la formule  $C^4H^5NO^3$ . Sa composition est la suivante :



Je ne saurais admettre que la coïncidence des points d'ébullition et des poids spécifiques dans l'éther en question et dans son isomère isobutylique soit fortuite. Il est impossible de rien décider là-dessus, sans admettre, en base à une hypothèse qui a cependant peu de valeur, que, durant la réaction, le groupe  $NO^{\bullet}$  soit

remplacé par des méthyles terminaux en produisant le nitrate isobutylique, ou que, inversement, l'alcool isobutylique se transforme sous l'action des acides nitriques et sulfuriques en nitrate butylique secondaire. C'est aux recherches expérimentales de montrer si une telle transposition est possible.

Livourne, Laboratoire de chimie générale et technologique.

# REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

POUR L'ANNÉE 1889

PAR

MM. Ernest FAVRE & Hans SCHARDT.

(Suite et fin.)

---

## Terrains cénozoïques.

ÉOCÈNE ET OLIGOCÈNE. — M. HOLLANDE <sup>1</sup> a décrit les terrains tertiaires de la Savoie, spécialement de la région subalpine aux environs de Chambéry. Après avoir rappelé que dans cette région, comme presque partout ailleurs, ces terrains reposent en transgression sur la craie et le néocomien, l'auteur en donne l'énumération suivante :

### AQUITANIEN.

16. Fausse mollasse à *Sabal Lamanonis*? Brgn. Grès très développé dans la vallée de Leschaux, à Bellecombe, etc.
15. Marnes rouges à *Helix* <sup>2</sup>; formant la base de la mollasse et reposant sur l'oligocène.

### TONGRIEN.

Série d'assises alternativement marines et d'eau douce, dont la partie supérieure a le facies du flysch et l'inférieur est un terrain de charriage renfermant des *Nummulites*; ce sont :

<sup>1</sup> Hollande, Dislocation des montagnes calcaires, etc. *Bull. Soc. hist. nat. de Savoie*, 1889, III, 128-142.

<sup>2</sup> M. Hollande a eu l'obligeance de nous communiquer des échantillons de *Helix* de ce niveau; nous avons reconnu *H. rugulosa*, v. Mart. et *H. sublenticula*, Sandb., qui se trouvent tous deux dans les marnes de la mollasse rouge du pied du Jura vaudois (Montcherand, etc.); un exemplaire, mal conservé, paraît être *H. Eckingensis*, Sandb.

14. Flysch oligocène à fucoïdes et à écailles de poissons. Ce terrain est très développé au village des Déserts. On y a trouvé aussi quelques feuilles de *Cinnamomum*.
13. Couches à *Operculines* et *Cardita Lauræ*, terrain à facies vazeux.
12. Grès et sables à *Bythinia Dubuissoni*. Grès et amas de sable souvent très blanc; fossiles difficiles à extraire dans les grès.
11. Couches à polypiers.
10. Poudingue à cailloux néocomiens et à *Natica crassatina*.  
Ces deux facies ne forment qu'une assise, car les polypiers se trouvent en amas dans les divers niveaux du poudingue; la couche à polypiers, dont la roche se délite facilement, renferme beaucoup de fossiles (polypiers et *Nat. crassatina*). Le poudingue repose souvent sur l'urgonien, dont il contient les débris, mêlés de galets de calcaire noir, le tout cimenté par une pâte calcaire, un peu ferrugineuse.
9. Grès grossier s'interposant parfois entre l'urgonien et la couche 10; il contient des débris de roches étrangères à la région et de petites *Nummulites* différentes de celles du flysch et du calcaire éocène. Ailleurs on trouve un
8. Poudingue à cailloux de quartz, de roches granitiques et porphyriques, de silex, de calcaires noirs ou gris, passant à un sable de plus en plus fin et finalement à de la glaise. Les fossiles font défaut dans ce terrain.

Dans leur ensemble, ces couches représentent une formation oligocène et leurs fossiles marquent le passage à l'éocène dans la partie inférieure, tandis que vers le haut, les feuilles de plantes terrestres les rapprochent du miocène. Les fossiles les plus remarquables trouvés dans ces assises (9-14) sont :

<i>Nummulites variolaria</i> , Sow.	<i>Scissurella Depontailleri</i> , Cossm.
<i>Natica crassatina</i> , Lam.	<i>Pleurotoma Bouvieri</i> , Cossm. et L.
<i>angustata</i> , Gras.	<i>Bythinia Dubuissoni</i> , Bouill.
<i>Pecten pictus</i> , Goldf.	<i>Cardita Lauræ</i> .
<i>Trochus Vincenti</i> , Cossm., Lamb.	<i>Cytherea splendida</i> .
<i>Ostrea gigantea</i> , Brand.	<i>subarata</i> , Sandb.
<i>Cerithium Davidi</i> , Cos. et Lamb.	<i>Operculina</i> .
<i>Cotteaui</i> ,	<i>Plocophyllia calciculata</i> .
<i>Lamarcki</i> .	

ÉOCÈNE SUPÉRIEUR. M. Hollande réunit dans ce groupe les facies du flysch et la partie supérieure du calcaire nummulitique (à *N. striata*).

7. Grès de Taveyannaz. Ce terrain n'existe pas dans le massif des Beauges, mais bien au N.-E., dans le bassin renfermé entre les Vergys et la Pointe-Percée (Almes et Reposoir); il ne diffère pas du grès typique de Taveyannaz.
6. Flysch éocène à fucoides et écailles de poissons; schistes plus ou moins micacés sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres, au N.-E. du massif des Beauges.
5. Mollasse à nummulites alternant avec des calcaires nummulitiques. Les grès sont exploités sous le nom de mauvaise mollasse.
4. Poudingue à gros cailloux jurassiques, néocomiens ou cristallins; ce terrain se rencontre, comme le précédent, dans la vallée de Serraval et du Reposoir; il contient des cailloux de calcaire à *Num. striata*; sa formation est donc postérieure à celui-ci.
3. Calcaire à *Nummulites striata*; se voit le mieux près des mines de Montmin et de Pernant; calcaire compact, gris foncé, en transgression sur les couches éocènes plus anciennes et reposant quelquefois sur l'urgonien; il atteint partout un grand développement.

ÉOCÈNE MOYEN, surtout caractérisé par des conglomérats surmontés de couches saumâtres, dans lesquels apparaissent sur plusieurs points des lits de lignite.

2. Marnes noires à schistes foncés, avec lignite à Montmin, etc. Ces couches ont fourni les fossiles suivants :

<i>Natica Vapincana</i> , d'Orb.	<i>Melania costellata</i> , Lam.
» <i>Picteti</i> , Heb. et Renev.	<i>Cytherea Vilanova</i> , Desh.
<i>Deshayesia alpina</i> , d'Orb.	<i>Mytilus subobtusius</i> , d'Arch.
<i>Cerithium trochleare</i> , Lam., var.	<i>Cardium Rouyanum</i> , d'Orb.
» <i>Diaboli</i> .	» <i>granulosum</i> , Lam.
<i>Cerithium hexagonum</i> , Chem.	<i>Trochrocyathus Allonsensis</i> , Tour.
» <i>Weinkauffi</i> , Tourn.	<i>Cyclolites alpina</i> , d'Orb., etc.
» <i>plicatum</i> , Bgn. v. <i>alpinum</i> .	

1. Calcaire grossier avec conglomérats à *Nummulites perforata*, base des dépôts éocènes; les conglomérats sont à pâte grise, glauconieuse, dont les matériaux sont empruntés au crétacé; plus haut viennent des calcaires, pétris de nummulites; il n'y

a pas d'autres fossiles, sauf quelques mauvais moules de gastéropodes et des polypiers.

Cette succession d'assises éocènes est remarquable. Elle montre la superposition des niveaux à *N. perforata* et *N. striata* qui occupent deux provinces bien distinctes ; la province à *N. perforata* s'avance au N.-E. vers la Suisse, tandis que celle à *N. striata* s'étend vers le sud. Le flysch aussi subit des modifications ; peu puissant dans les Beauges, il atteint une grande épaisseur dans la vallée du Reposoir, où le grès de Taveyannaz le recouvre. De son côté l'oligocène, décrit plus haut, ne s'est pas déposé partout ; il existe dans les vallées extérieures seulement, où précisément le flysch manque ou est très faible. Il y a donc transgression entre les divers niveaux éocènes ; des mouvements locaux assez importants ont eu lieu à diverses époques, mais surtout entre l'éocène et l'oligocène (tongrien). Le flysch s'est étendu par-dessus toutes les formations nummulitiques et crétacées jusqu'au malm ; dans le massif de la Grande-Chartreuse, séparé du massif des Beauges seulement par la vallée de Chambéry, on ne trouve aucune trace de la série tertiaire énumérée, à l'exception de l'aquitaniien qui s'y rencontre sur la bordure ouest. Le parallélisme de l'éocène avec celui d'autres régions ressort facilement du tableau suivant :

ÉTAGES	BASIN DE PARIS (M. MENERT)	CHALOSSE ET PYRÉNÉES OCCIDENTALES (M. MENERT)	VIENTIM (M. MENERT)	SUISSE (M. MENERT, ETC.)	SAVOIE (SEVAGES) (M. HOLLANDER)
Kocène supérieur.	Gypse à Palaeotherium.	Grès à Euspatangus de Biarritz.	8. Calcaire à poly-piers de Crosara. 2. Marnes de Prisons-bona. 1. Calcaire à <i>Cerithium Diaboli</i> .	6. Grès de Taveyannaz. 5. Flysch à <i>Fucoides</i> . 4. Schistes à <i>Nymmulites</i> . 3. Calcaires à <i>Nym. striata</i> . 2. Marnes à <i>Cer. Diaboli</i> . 1. Marnes à <i>Paludines</i> et fruits de <i>Chara</i> .	6. Grès de Taveyannaz. 5. Flysch à <i>Fucoides</i> et écaillés de poissons. 4. Schistes à <i>Nymmulites</i> et gros poudingues à la base. 3. Calcaire à <i>Nym. striata</i> . 2. Marne à <i>Cytherea Villanova</i> et <i>Cer. Diaboli</i> . 1. ?
	Gypses à couches marines.	Marnes à <i>Serpula spirulacea</i> de Biarritz.	—	—	—
	S. étage supérieur.	?	Calcaires à <i>Corbis major</i> de Ronca. Couches à <i>Cerithes</i> de Ronca.	?	?
Kocène moyen.	Calc. de St-Ouen. Sabl. d. Beauchamp	?	Couches de S. Giovanni Marione.	Couches à <i>Num. perforata</i> .	Couches à <i>Num. perforata</i> .
	Calcaire grossier supérieur.	?		?	?
	Zone supér. à <i>Mitoides</i> .	Calcaire à <i>Conoclypeus conoides</i> et <i>Num. perforata</i> .	Couches de Monte Pulli.	Manque.	Manque.
	Zone moy. à <i>Cer. giganteum</i> .	Marnes à <i>Xanthopis Dyfourti</i> .	Lignites de Monte Pulli.	Manque.	Manque.
Sous-étage inférieur.	Zone inférieure à <i>Num. levigata</i> .	Calcaire à <i>Oryctolympos Michelinii</i> .	Calcaires de Busa-Ferri et calcaires de Monte Portale	Manque.	Manque.
	Lacune.	Lacune.	Couches de Monteschionella polymorpha.	Manque.	Manque.

M. SACCO<sup>1</sup> a cherché à fixer exactement l'horizon du ligurien, nom créé par M. Mayer-Eymar pour le flysch ou macigno de la Ligurie. Le facies du flysch a commencé à se former bien avant l'époque du ligurien que l'on place habituellement entre le bartonien et le tongrien. L'auteur est arrivé à la conclusion que, dans la région de l'est, vers les collines de Casal, le bartonien, avec sa faune typique et son facies habituel, se place au-dessus du ligurien, entre celui-ci et le tongrien. Ailleurs, il a constaté que le bartonien typique renfermait des débris arrachés du ligurien qui était alors déjà émergé. Le bartonien présente dans le haut un passage insensible au tongrien, tandis qu'à sa base, il passe d'une manière tout aussi graduelle au ligurien par l'apparition des zones de « calcare alberese. »

M. Sacco admet cependant un sous-étage sestien, intermédiaire entre le tongrien et le bartonien, comme le montre le tableau suivant :

**Tongrien.** Marnes, sables et conglomérats. *Nummulites striata*, *Cardita Laura*, *Cyrena convexa*, etc.

**Sestien.** Sables, grès avec lentilles de lignite. *Nummulites vasca*, *N. Boucheri*, *N. Fichteli*, *Orbitoides*.

**Bartonien.** Marnes et bancs calcaires, avec *Lithothamnium*, *Num. complanata*, *N. biarritzensis*, *N. distans*, *N. striata*, *N. Lucasana*, *Orbitoides* nombreux, *Serpula spirulea*, *Ostr. gigantea*, *O. Martinsi*, etc.

**Ligurien.** Grès (macigno), *Nummulites* rares; *Assilina* et *Orbitoides* (argile scagliose), calc. alberese avec *fucoïdes*; argilo-schiste avec *Helminthoides* (flysch).

**Parisien.** Calcaires arénacés riches en *Nummulites* (*N. Ramondi*, *N. striata*, *N. perforata*, *N. Lucasana*), *Assilina*, etc.

Rappelant ensuite le rôle du ligurien des régions

<sup>1</sup> F. Sacco, Le Ligurien. *Bull. Soc. géol. de France*, 1889, XVII, 212-229, 1 tableau.



voisines, où il occupe aussi le même niveau, M. Sacco constate la difficulté d'assigner au flysch un niveau paléontologique, à cause de la rareté de ses fossiles, lorsque des terrains fossilifères manquent dans son voisinage; il mentionne les arguments tirés de la présence des *Nummulites* dans un certain nombre de localités des Alpes suisses. Il fait une critique de l'échelle des Nummulites de de la Harpe, dont il donne l'interprétation modifiée suivante :

8. N. striées (zone sup.).	}	Tongrien et Sestien.
7. N. réticulées.		
6. N. lisses.	}	Bartonien.
5. N. striées (zone moyenne)		
4. N. explanées (Assilines).	}	Parisien.
3. N. granulées.		
2. N. subréticulées.		
1. N. striées (zone inférieure).		Suessonien.

Le ligurien, tel qu'il a été créé, doit être placé au-dessus du bartonien et non au-dessous, comme on l'admet ordinairement. Le facies du flysch a commencé déjà à se développer dans certaines régions pendant le crétacé, et peut-être même à l'époque jurassique. Il ne doit donc pas être attribué à un étage géologique déterminé. Le nom de ligurien, appliqué au flysch de la Ligurie, doit être aboli comme nom d'étage bien qu'il puisse être conservé comme nom d'un facies spécial.

M. MAYER-EYMAR<sup>1</sup> a décrit trois nouveaux Spondyles du parisien des Alpes; ce sont *Sp. alpinus*, May.-Eym.; *Sp. Gottfriedi-Kelleri*, M.-E. et *Sp. multicarinatus*, M.-E.

<sup>1</sup> Mayer-Eymer, Drei neue Spondylus aus dem unteren Parisian der Schweiz. *Vierteljahrschr. zürch. naturf. Gesellsch.*, 1888, I, 65.

**MIOCÈNE.** — La formation d'eau douce du miocène supérieur du vallon du Locle, appartenant à l'étage cœningien, a fourni à M. JACCARD<sup>1</sup> beaucoup de fossiles, quoique le nombre des espèces soit peu abondant; certaines couches sont pétries de *Planorbes*, *Limnées*, *Hydrobies*, etc. A cette faunule malacologique s'ajoute un nombre relativement considérable de vertébrés. M. Jaccard décrit les découvertes faites successivement dans ce bassin, isolé du grand bassin suisse. On possède jusqu'à ce jour des restes plus ou moins bien conservés des espèces suivantes :

*Machairodus*, deux très petites dents; *Amphicyon*, deux molaires; *Mastodon*, fragments de lames d'émail; *Dinotherium*, une dent du *D. bavaricum*; *Listriodon splendens*, dents et fragments de mâchoire; *Rhinoceros* cf. *incisivus*, molaire et canine; *Hypotherium*, portion du tibia; *Palæomeryx Scheuchzeri* et autres espèces, dents et ossements. *Cervus* ou *Dinoceros*, astragale; *Antilope* cf. *cristata*, cornes; *Crocodylus*, dents et plaques dermales; *Testudo Escheri*, pièces de la carapace et du plastron; *Trionyx*, pièces de la carapace. Quoique appartenant avec certitude au miocène supérieur, les vertébrés du bassin du Locle et de la Chaux-de-Fonds offrent certaines analogies avec la faune de Pikermi (Grèce) et celle du Mont-Léberon (Vaucluse); il reste à déterminer si elle ne se lie pas plutôt à la faune de Sansan et de Simorre.

M. GOLLIEZ et LUGEON<sup>2</sup> ont décrit trois espèces nou-

<sup>1</sup> A. Jaccard, Sur les animaux vertébrés fossiles de l'étage cœningien du Locle. *Bull. Soc. sc. nat. de Neuchâtel*, 1889.

<sup>2</sup> Golliez et Lugeon, Note sur quelques Chéloniens nouveaux de la mollasse langhienne de Lausanne. *Mém. Soc. pal. suisse*, XVI, 1889, 24 p., 12 pl. — *C. R. Soc. vaud. sc. nat. Arch.*, 1889, XXII, 73.

velles de tortues fossiles de la mollasse de Lausanne. On connaît maintenant douze chéloniens de l'étagé langhien, quatre espèces terrestres, six paludines et deux fluviatiles, ce sont :

- |                                           |                                           |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Testudo Escheri</i> , Pict. et Humb.   | <i>Cistudo Heeri</i> , Portis.            |
| » <i>spec. ind.</i> , Portis.             | » <i>Portisi</i> , Goll. et Lug.          |
| <i>Ptychogaster Gaudini</i> , Pict. et H. | » <i>Kunzi</i> , Goll. et Lug.            |
| » <i>rotundiformis</i> , Goll. et Lug.    | <i>Emys spec. ind.</i> , Pict. et Humb.   |
| <i>Cistudo Razumowski</i> , Pict. et H.   | <i>Trionyx Lorioli</i> , Portis.          |
| » <i>Morloti</i> , Pict. et Humb.         | <i>Trachyaspsis Lardyi</i> , H. v. Meyer. |

M. LUGEON<sup>1</sup> a signalé un nouveau gisement de fossiles miocènes de l'époque langhienne dans la forêt de Sauvabelin sur Lausanne.

Les bancs de mollasse granitique, exploités dans les cantons de Saint-Gall et d'Appenzell, appartiennent, d'après M. Meyer-Eymar, au miocène inférieur (langhien d'eau douce). C'est dans une interstratification marneuse que furent trouvés, en 1887, deux fragments de mâchoire appartenant aux *Rhinoceros minutus*, Cuv. Le gisement, signalé par M. FRÜH<sup>2</sup>, est une carrière entre Rehtobel et Vogelherd (Appenzell, Rhodes extérieures), le voisinage a fourni de nombreux restes de plantes dicotylédones subtropicales. Un autre fragment, provenant de la mollasse du Speicher, est une partie d'un maxillaire inférieur de *Rh. incisivus*, Mey., avec trois molaires.

M. ROTHPLETZ<sup>3</sup> constate que les observations de

<sup>1</sup> C. R. Soc. vaud. sc. nat. Archives, 1889, XXI, 257.

<sup>2</sup> Dr J. Früh, Reste von Rhinocerotiden aus des granitischen Molasse von Appenzell a/Rh. Jahresber. St-Gall. naturf. Gesellsch. 1886-87.

<sup>3</sup> A. Rothpletz, Ueber Gerölle mit Eindrücken. Neues Jahrb. f. Min., 1889, I, p. 92-94.

H. Fröh, contenues dans son mémoire sur la nagelfluh de la Suisse, confirment, malgré certaines différences, ses propres observations sur l'origine des galets impressionnés. M. Fröh admet que la dissolution des matériaux par les eaux d'infiltration pourrait être, dans une certaine mesure, la cause des impressions observées dans les galets des poudingues miocènes, mais que la pression seule pouvait aussi produire des impressions. Suivant M. Rothpletz la pression ne peut être envisagée comme étant la seule cause des impressions, car on devrait en trouver les traces dans toutes les formations; mais il soutient au contraire qu'elle en est la cause déterminante, en produisant, au point de contact des galets, une plus forte dissolution du minéral. Cela explique la pénétration réciproque des galets les uns par les autres. Cette manière de voir repose sur des observations certaines et bien constatées par des expériences.

A la fin de son étude sur les Alpes suisses, M. SCHMIDT<sup>1</sup> rappelle l'origine probable des matériaux qui composent les poudingues miocènes du plateau suisse qui forment le sujet de la belle étude de M. Fröh (*Revue* pour 1887); il insiste sur le fait que certaines roches cristallines contenues dans cette formation détritique ne sont pas métamorphosées, tandis qu'elles le sont dans leur gisement primitif des Alpes, ce qui paraît indiquer que leur émigration est antérieure à la grande dislocation de la chaîne. M. Schmidt pense que les blocs exotiques du flysch et certaines klippen sont les restes de montagnes disparues ayant existé entre la Forêt-Noire et les Alpes, idée analogue à celle émise, il y a longtemps déjà, par Studer et plus tard par Bachmann.

<sup>1</sup> *Loc. cit.*, p. 46, etc.

PLIOCÈNE. M. ROLLIER <sup>1</sup> a découvert, dans le vallon St-Imier, un gisement de pliocène d'eau douce contenant des *Vivipara*, et qui se trouve immédiatement sous le glaciaire.

M. SACCO <sup>2</sup> a publié une étude sur le pliocène interpin de Valsesia (Piémont). Il y distingue les étages *plaisancien*, *astien*, *fossanien*, et, parmi les terrains modernes le sabarien, le diluvien et la formation des moraines des terrasses. Il conclut que, pendant l'époque pliocène, mer pénétrait dans la vallée de la Sésia comme dans un fiord et y a déposé les assises marines des trois étages indiqués. Le plaisancien, qui est toujours très fossilifère, s'élève à 400 mètres; ce sont des marnes et des sables bleus, interrompus de couches jaunâtres sableuses caillouteuses. L'astien se compose de sables jaunes, quelquefois de graviers; il s'élève sur quelques points à 500 mètres. Le fossanien offre des alternances de couches graveleuses et caillouteuses avec bancs marno-sableux allant jusqu'à 500 mètres et représentant une formation littorale ou de delta.

TERRAINS QUATERNAIRES. — *Terrain glaciaire*. M. FALSAN <sup>3</sup> a publié un volume sur les phénomènes qui ont déterminé, accompagné et suivi la grande extension des glaciers quaternaires; cet ouvrage résume clairement l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet.

L'auteur établit dans l'introduction le rôle qu'a joué

<sup>1</sup> C. R. Soc. vaud. sc. nat. Archives, 1889, XXI, 256.

<sup>2</sup> Dr Fréd. Sacco, Il pliocene Entroalpino de Valsesia. Boll. Comit. geol. Ital., 1888, n° 9 et 10, 20 p., 1 carte.

<sup>3</sup> A. Falsan, La période glaciaire étudiée principalement en France et en Suisse. Bibl. scient. internat., 1889, 1 vol. 8°, 364 105 fig., 2 pl.

chaleur à la surface du globe, et son influence sur les phénomènes naturels du monde inorganique et du monde organisé; il décrit les modifications qui ont conduit peu à peu à l'origine de la période glaciaire. Les théories les plus variées ont été imaginées pour expliquer les dépôts erratiques; des savants illustres n'ont pas su discerner ce que Perraudin, un simple montagnard, a démontré à de Charpentier. Ce nom restera toujours lié, avec celui de Venetz, à la théorie actuellement admise. Après les Alpes suisses, les Alpes françaises, les Pyrénées, le versant italien des Alpes, les Alpes orientales, bavaoises et autrichiennes furent explorées avec soin, et partout se montrèrent des traces d'anciens glaciers. Et maintenant il n'est aucune partie du globe où l'on n'ait pas trouvé des traces du phénomène glaciaire.

M. Falsan décrit ensuite le mode de formation des terrains d'alluvion en général et des dépôts glaciaires en particulier. La période dans laquelle se sont formés ces dépôts pourrait être nommée période pluvio-glaciaire. Tandis que les neiges s'accumulaient dans les hautes régions, d'abondantes précipitations atmosphériques engendrèrent dans les régions basses des ruissellements énormes et des cours d'eau immenses. L'auteur cite divers gisements et décrit le caractère particulier de ces dépôts, formés sous la double action des glaces en mouvement et des eaux qui en découlent. Il relève les particularités qui distinguent le terrain glaciaire, les traces laissées par le passage des glaciers, la forme et la composition des moraines et le paysage morainique, enfin les blocs erratiques, dont il donne de nombreux dessins. Puis il traite de l'action des anciens glaciers, de leurs érosions, de leurs dépôts de moraines profondes, etc.

L'auteur est d'accord pour diminuer sensiblement la part qui avait été attribuée à l'érosion glaciaire dans le creusement des vallées; il constate cependant l'affouillement produit par les glaciers en mouvement sur le fond et le rôle qu'ont joué dans cette usure les matériaux des moraines profondes, les relations de celles-ci avec les moraines superficielles, l'érosion glaciaire, les caractères des polis glaciaires, les roches sillonnées et moutonnées, les éraillures et stries saccadées que l'on observe souvent. Il décrit ensuite le rôle des glaciers dans la formation de certains types de marmites de géants, leur influence dans la formation des fiords, dont les deux versants des Alpes offrent des exemples; quelques-uns d'entre eux sont encore maintenant occupés par des lacs, d'autres sont drainés par des vallées. On ne peut attribuer aux glaciers le creusement des bassins lacustres, mais des barrages morainiques ont amené la formation de nombreux lacs dans les pays qui ont été recouverts par les glaciers quaternaires; des cuvettes creusées antérieurement à cette époque par l'érosion fluviale ont été préservées pendant l'époque quaternaire par un remplissage de glaces. Tels sont les lacs de fjords du nord des Alpes, lac Léman, lac de Quatre-Cantons, etc. Il en est de même des lacs de cette catégorie au sud des Alpes. Cependant, le creusement de beaucoup de petits lacs alpins des hautes régions est dû à l'érosion glaciaire, comme l'a démontré M. Böhm.

L'auteur décrit ensuite la formation des anciens glaciers, leur développement, la rapidité de leur progression. On a proposé des théories très diverses pour expliquer l'avancement énorme des glaciers quaternaires, dont les mouvements ne pouvaient cependant différer beaucoup de ceux des glaciers actuels. M. Falsan l'explique par

double mouvement de glissement lent des glaces par l'effet de la pesanteur, et de la déformation de leur masse. Comme toute la masse ne glisse pas uniformément, il y a aussi des mouvements intérieurs, des phénomènes de fusion et de regel qui permettent à la glace de changer de forme sans changer d'état. Quant à la rapidité du mouvement, on sait que les glaciers groënlandais ont une marche beaucoup plus rapide que celle des glaciers alpins.

Il n'y a pas eu plusieurs époques glaciaires, mais bien des oscillations dans le mouvement des glaciers, comme l'indique l'existence d'une seule nappe de moraine profonde entre les Alpes et Lyon. La présence des moraines frontales prouve que le mouvement de recul a été saccadé.

Après avoir rappelé les diverses causes auxquelles on a attribué la période glaciaire, M. Falsan se rallie à l'opinion émise par MM. de la Rive et Alph. Favre. Il faut l'attribuer à des causes climatologiques, combinées avec une modification dans le rayonnement solaire. Une diminution de ce rayonnement, due à la concentration du soleil et un exhaussement simultané des chaînes de montagnes a été probablement l'origine de l'époque glaciaire; cette opinion est partagée par MM. de Saporta, de Lapparent, etc.

Les derniers chapitres de cet ouvrage sont consacrés au climat qui a exercé une si grande influence sur la faune et la flore de cette époque. Il a été très chaud pendant la période qui a précédé immédiatement l'époque glaciaire; les plantes des tufs de Meximieux (Lyon) attestent une température de 17° à 18° C., les végétaux de l'époque glaciaire même (Utnach, Dürnten) indiquent une température moyenne de 6° et 9° C.



L'homme préhistorique a été témoin de la grande extension des glaciers; il les a suivis dans leur mouvement de retrait et a dû modifier son existence avec leurs oscillations et les changements que subirent la flore et la faune pendant ce même temps.

En dernier lieu l'auteur décrit la répartition géographique des terrains glaciaires.

M. DELAFOND<sup>1</sup> a publié une nouvelle note sur les terrains d'alluvion des environs de Lyon, en précisant surtout l'origine de certains de ces dépôts et la cause de l'altitude exceptionnelle des cailloutis alpins. Il distingue dans ces formations :

1. Alluvions post-glaciaires plus récentes. Dépôts formés par le Rhône et ses affluents alors que leur niveau était de 15 mètres environ plus élevé.
2. Alluvions post-glaciaires, épaisses de 20-30 mètres, remplies des vallées parfois privées de cours d'eau.
3. Terrains glaciaires, moraine frontale, se développant sur plus de 50 kilomètres de longueur.
4. Alluvions pré-glaciaires avec allures tout à fait semblables aux formations 1 et 2; mais formées antérieurement. Elles ont été attribuées à des remaniements opérés dans une nappe uniforme de dépôts antérieurs. M. Delafond est plutôt disposé à les considérer comme des dépôts locaux, formés par les torrents s'échappant des glaciers quaternaires pendant l'époque où ces derniers s'arrêtaient dans le voisinage de Lyon. Les matériaux ont été empruntés aux moraines de ces glaciers. Ces dépôts ont en effet l'aspect de cônes de déjection.

Sur un point, M. Delafond a constaté la liaison immédiate entre un dépôt d'alluvion et la moraine terminale extrême du glacier du Rhône.

<sup>1</sup> M. Delafond, Note sur les terrains d'alluvion des environs de Lyon. *Bull. des services de la carte géol. de la France*, n° 1889.

Dans la vallée de la Dombes, l'alluvion postglaciaire fait défaut. Quant à l'âge de ces divers dépôts, on peut le déterminer d'après la découverte d'un certain nombre de débris d'ossements d'*Elephas primigenius*, dans le préglaciaire, tandis que le postglaciaire renferme aussi les restes du *Bos priscus*.

L'auteur ajoute encore quelques remarques au sujet des graviers pliocènes à *Elephas meridionalis*, reconnus aux environs de Lyon ; il y a peut-être lieu de les attribuer à une première extension des glaciers à l'époque du pliocène supérieur.

*Alluvions. — Loess.* Une intéressante étude sur l'origine du loess, de sa faune et de la disposition des gisements suisses, est due à M. F. JENNY<sup>1</sup>. Après avoir rappelé les travaux antérieurs sur ce sujet, l'auteur établit que le loess suisse n'est pas partout de même nature, mais qu'il faut distinguer le loess typique, limon argilo-marneux poudreux, très fin, de couleur jaune contenant des poupées de loess, qui se voit aux environs de Bâle, dans la vallée de l'Aar, près d'Arau, et dans la vallée du Rhin (Saint-Gall), des dépôts de nature bien différente qui ont été signalés dans le canton de Berne par M. Baltzer sous le nom de loess ; M. Jenny les nomme formations analogues au loess (*Loessähnliche Bildungen*).

Aux environs de Bâle le loess typique qui se relie au loess de la vallée du Rhin, occupe les deux rives du fleuve, forme partout la couverture des formations plus anciennes et se montre sur toutes les collines entre le Rhin et les hauteurs du Jura. L'auteur en décrit

<sup>1</sup> F. Jenny, Ueber Loess und Loessähnliche Bildungen in der Schweiz. Inaugural Dissertation. *Mitth. d. naturf. Gesellsch. Bern.*, 1889, p. 115-154. 1 pl.

les nombreux gisements, ceux de la vallée du Bir du Bruderholz, de Rutihard près Muttentz, de Riel de Bettingen, etc., et en énumère la faune. A Ruch et Saint-Jacques, le loess paraît intercalé à des grains charriés, qui attestent son origine fluviale. Les poudres du loess sont dues à l'agglutination de loess friable par des infiltrations d'eaux calcaires. Quant à la hauteur du loess au-dessus du niveau du Rhin (253 m.), l'altitude maximum des gisements observés va jusqu'à 340-358 m.; au Bruderholz elle atteint même 395 m. c'est donc une hauteur de 100-140 m. au-dessus du Rhin. Malgré cette altitude considérable et l'absence de stratification dans le loess, M. Jenny n'hésite pas de le garder le loess comme une formation fluviale, produite la suite de débordements, par un colmatage naturel.

La faune qui compte 20 espèces, dont 19 sont terrestres, ainsi que la nature essentiellement sableuse du loess (70-78 % de silice pour 16-18 % d'alumine et 2,5—3 % de  $\text{CaCO}_3$ ) semble confirmer cette opinion. Le loess saint-gallois est analogue par son aspect et ses gisements de celui de Bâle. Il est plus riche en carbonate de chaux (23 %). La proportion de silice n'est que 55 %, celle de l'alumine 17 %. C'est donc la proportion de silice libre qui a diminué. Ce loess est outre très riche en paillettes de mica. La faune a subi quelques modifications. Ce loess est aussi, selon M. Jenny, une formation fluviale; les gisements se trouvent spécialement dans deux golfes où le colmatage pouvait aisément se produire; le loess repose ici sur les graviers des terrasses ou sur des terrains plus anciens, de 20 à 80 m. au-dessus du Rhin.

Le loess des environs d'Aarau a été découvert

M. Mühlberg (*Revue* pour 1885) et recouvre les hauteurs autour de cette ville, jusqu'à 468 m. d'altitude; la vallée de l'Aar est à 370 m. L'analogie de la composition ( $\text{SiO}_2$ , 62 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  +  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 18 %;  $\text{CaCO}_3$ , 12 %) et de la faune avec le loess bâlois est presque complète. Contrairement à l'opinion de M. Mühlberg, qui voit dans le loess argovien une formation atmosphérique due au vent, M. Jenny lui attribue aussi une origine fluviale.

Les coquilles les plus fréquentes dans le loess bâlois et argovien sont toutes terrestres; ce sont :

<i>Helix arbustorum</i> , L.	<i>Zua lubrica</i> , Mull.
» <i>villosa</i> , Drap.	<i>Pupa muscorum</i> , L.
» <i>sericea</i> , Mull., v. <i>glabella</i> ,	<i>Succinea oblonga</i> , Drap.
» <i>pulchella</i> , Mull.	» » var. <i>elongata</i> .

Les espèces des dépôts du canton de St-Gall sont :

<i>Helix arbustorum</i> , L.	<i>Hyalina fulva</i> , Mull.
» <i>villosa</i> , Drap.	<i>Patula ruderata</i> , Stud.
» <i>sericea</i> , Mull., v. <i>glabella</i> ,	<i>Zua lubrica</i> , Mull.
» <i>pulchella</i> , Mull.	<i>Pupa muscorum</i> , Lin.
<i>Hyalina nitidula</i> , Drap.	

La position géographique de ces deux régions explique facilement la différence de leurs faunes qui ne réside du reste que dans l'absence de *Succinea oblonga* dans le loess saint-gallois et la présence très abondante dans celui-ci de *Patula ruderata*, espèce exclusivement subalpine.

Les dépôts du canton de Berne décrits sous le nom de loess, sont très différents des précédents. C'est un terrain sableux, stratifié et plus résistant que le loess bâlois, quoique friable entre les doigts. Les poupées de loess qui y sont contenues, ne sont pas identiques à celles du loess typique, il semble qu'elles sont le produit d'un charriage.

On trouve constamment des dépôts tuffacés au milieu et à la partie supérieure de ce loess. L'épaisseur variable de ces dépôts, leur altitude très variable (720-770 m), l'isolement et l'extension très restreinte de chaque gisement, ne permettent pas de leur attribuer la même origine qu'aux précédents; ce sont au contraire des formations locales, dues, comme l'a déjà indiqué M. Bultzer, à la lévigation et au charriage des limons morainiques voisins; de là l'absence du triage des grains de sable, et la présence de tuf qui atteste un ruissellement lent. Les coquilles les plus fréquentes sont :

<i>Helix arbustorum</i> , Lin.	<i>Hyalina nitidula</i> , Drap.
» <i>villosa</i> , Drap.	» <i>cristallina</i> , Mull.
» <i>sericea</i> var. <i>glabella</i> , Mull.	<i>Zua lubrica</i> , Mull.
» <i>pulchella</i> , Mull.	<i>Pupa muscorum</i> , Lin.

En résumé, le loess typique (Bâle, Aarau et Rheintal St-Gallois) a partout les mêmes allures; sa faune et sa composition concordent avec le loess de la vallée du Rhin allemand. C'est un dépôt de colmatage naturel. Sa formation date de l'époque glaciaire et les matériaux qui le composent proviennent des moraines et des dépôts des glaciers.

Le loess bernois diffère par ses allures, sa composition et son mode de formation du loess typique; il s'est formé à la même époque que celui-ci, mais dans d'autres conditions.

M. F. v. SANDBERGER<sup>1</sup> a étudié la faune du loess du Bruderholz, près Bâle, d'après des récoltes de coquilles faites par MM. P. et C.-F. Sarasin. Il cite les espèces suivantes :

<sup>1</sup> F. v. Sandberger, Die Conchylien des Lösses am Bruderholz bei Basel. *Verlandl. naturf. Gesellsch.*, Basel, VIII, 1890, 796-801.

<i>Hyalina cristallina</i> , Mull.	<i>Pupa dolium</i> , Drap.
<i>Succinea oblonga</i> , Drap. v. <i>major</i> .	» <i>secale</i> , Drap.
<i>Cionella</i> ( <i>Zua</i> ) <i>lubrica</i> , Mull.	» <i>muscorum</i> , L.
<i>Helix arbustorum</i> , L. v. <i>alpestris</i> .	» <i>columella</i> , Benz.
<i>Helix villosa</i> , Drap.	» <i>pygmæa</i> , Drap.
» <i>sericea</i> , Drap.	<i>Clausilia gracilis</i> , Rossm.
» cf. <i>libertia</i> ou v. <i>glabra</i> de	» <i>parvula</i> , Stud.
<i>H. sericea</i> .	» <i>cruciata</i> , Stud.
<i>Helix pulchella</i> , Mull.	

M. Sandberger constate que ces coquilles appartiennent à trois groupes d'espèces ; les unes sont répandues sur toute l'Europe ; parmi elles, le *Succinea oblonga* qui habite surtout les contrées septentrionales ; d'autres habitent aujourd'hui de préférence le Jura et les Alpes calcaires ; d'autres enfin sont des espèces des hautes Alpes et des régions arctiques.

Les principales espèces du second groupe sont *Pupa dolium*, *P. secale*, *Clausilia gracilis* ; la plus caractéristique est *Helix arbustorum*, var. *alpestris*.

Les plantes déterminées par O. Heer sont des espèces des hautes Alpes et des régions arctiques. L'auteur affirme en terminant que l'origine éolienne du loess est inadmissible.

M. SCHARDT<sup>1</sup> a reconnu dans la falaise des Tattes, près de Nyon, au-dessus de la craie lacustre (voir plus loin), séparée de celle-ci par 4 m. de graviers, une couche de limon argilo-sableux (0 m., 40) contenant de nombreuses coquilles de mollusques terrestres semblables à celles du loess. Des graviers appartenant aux anciens charriages du Boiron recouvrent ce limon. Le limon argilo-sableux ou

<sup>1</sup> H. Schardt, Étude géologique sur quelques dépôts quaternaires du canton de Vaud. *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, 1889, XXV, 79-98, 2 pl.

loess réapparaît le long du cours du Cordex ou Promothouse, entre Coinsins et Duillier, en aval du pont du Cordex (464 m.). Malgré la ressemblance de la faune et l'aspect du terrain, on ne peut identifier ce limon avec le loess pique; il n'est pas non plus possible de le ranger parmi les formations analogues au loess, trouvées dans le canton de Berne et qui renferment souvent des dépôts de tuff. Le limon du Cordex représente plutôt une formation due à des débordements de ce torrent, à une sorte de colmatage naturel, origine qu'on attribue aussi au loess du Rhin. La plus forte pente expliquerait la nature plus grossière des matériaux. Quant au dépôt des Tattes, c'est à des débordements du Boiron qu'il faudrait l'attribuer. La faune, entièrement terrestre, se compose d'espèces en partie vivantes, dont les plus communes pour les deux localités (T = Tattes, C = Cordex) sont : *Zua lubrica*, C.; *Cineia putris*, C.; *Succ. oblonga*, C.; *Bulimus obscurus*, C.; *Helix arbustorum*, T., C.; *H. pulchella*, C.; *H. nemoralis*, C.; *H. fruticum*, T., C.; *H. sericea*, T., C.; *H. candidula*, T.; *H. obvoluta*, T.; *Hyalina nitens*, T., C.

*Craie lacustre ancienne.* — M. CRUCHET<sup>1</sup> a trouvé en amont de Pailly, près de Lausanne, une couche de tourbe noirâtre superposée, à une profondeur de quelques mètres, à un lit de *craie lacustre* et recouverte de marne argileuse et de terre végétale. Voilà la coupe de cette localité, qui se trouve à 680 m. d'altitude au N. de Pailly.

Terre végétale .....	30-40 cm.
Marne argileuse blanchâtre .....	1 m. 50.
Argile blanche pure .....	6-8 cm.
Tourbe terreuse noire .....	50 cm.
Craie lacustre avec coquilles .....	1 m.

<sup>1</sup> *Compte rendu Soc. vaud. sc. nat. Archives. XXI, 1889, p. 258.*

La craie lacustre n'a pas été encore constatée parmi les sédiments du lac Léman, et il est peu probable qu'elle existe dans les dépôts qui se forment actuellement dans ce bassin. M. SCHARDT<sup>1</sup> a décrit le seul gisement qu'on en trouve sur ses bords; il n'appartient pas aux dépôts actuels, mais il date d'une époque où le niveau du lac était de 9-10 m. plus élevé que maintenant. La craie lacustre est interstratifiée aux sables et graviers qui forment la rive du lac, et dont la falaise au S.-O. de Nyon montre la coupe. On a trouvé quelques affleurements détachés sur un kilomètre de longueur. La composition de ce terrain est identique à celle des échantillons retirés d'autres lacs suisses; l'analyse microscopique indique aussi les caractères reconnus par M. Kaufmann dans la craie lacustre.

Les profils de la berge, relevés sur trois points, montrent ce terrain recouvrant des sables et graviers stratifiés par le lac, qui reposent à leur tour sur l'argile glaciaire. La présence de cette dernière a produit sur plusieurs points des glissements qui pourraient faire croire à des répétitions du dépôt de cette craie. Les plus beaux affleurements se trouvent près des *Tattes* et au S.-O. de la campagne de *Colovray*; entre ces deux points existe, sur une grande longueur, une falaise formée de couches de sables et graviers dans laquelle la craie paraît faire défaut; cette falaise, qui borde le petit plateau de la *Potence*, est intéressante par la succession régulière des anciens sédiments lacustres qu'on y observe.

La faune de la craie lacustre n'est pas la même dans les deux stations indiquées. Aux *Tattes*, elle se distingue

<sup>1</sup> H. Schardt, Étude géologique sur quelques dépôts quaternaires, etc., *loc. cit.*



par une grande abondance de *Bythinia tentaculata* et *Planorbis complanatus*, qui sont relativement rares à Colovray. Dans le dernier gisement, on trouve en plus grand nombre *Limnaea auricularia*, *Valvata piscinalis*, *Planorbis spirorbis*; *Pisidium Cazertanum* (*P. cinereum*) et plus rarement *Limnaea palustris*, *L. truncatula*, *Planorbis nautilus* et *Pisidium obtusale*. L'absence de *Limnaea stagnalis* et des *Unio* et *Anodonta* mérite d'être constatée.

*Formations récentes.* M. SCHARDT<sup>1</sup> a étudié un terrain d'un genre particulier qui se rencontre près de Vallorbes et qu'il nomme limon calcaire crayeux. Par sa composition chimique et par ses propriétés microscopiques, ce terrain rappelle absolument la craie lacustre, dont il a l'aspect et la texture; mais la faune est exclusivement terrestre et se compose d'espèces de l'époque actuelle. Les meilleurs gisements de limon crayeux, étudiés jusqu'à présent, se trouvent sur les deux rives de l'Orbe, en aval de Vallorbes, bien au-dessus du niveau de cette rivière et à des hauteurs différentes, en sorte qu'il n'est pas possible de leur attribuer une origine lacustre. L'existence de sources fortement calcaires, se perdant en partie dans le gazon, sous lequel ce limon se montre sur 1-2 m. d'épaisseur, explique sa formation. C'est une précipitation de carbonate de chaux à l'état de molécules cristallines (il en contient 89 %), formé pendant le ruissellement lent des eaux à travers la nappe végétale; les coquilles vivant sur place ont été fossilisées en même temps, ce qui explique leur excellente conservation. Les principales, parmi les 40 espèces de cette faune, sont : *Acme fusca*, *Pomatias maculatum*, *Carychium minimum*,

<sup>1</sup> H. Schardt, Étude géol. sur quelques dépôts quaternaires, *loc. cit.*

*Papa dolioleum*, *Zua lubrica*, *Bulimus montanus*, *B. tridens*, *Helix obvoluta*, *H. personata*, *H. depilata*, *H. arbustorum*, *H. hortensis*, *H. sylvatica*, *H. villosa*, *Patula rotundata*, *Hyalina nitens*, *Hyal. cristallina* et même *Vitrina major*. Un endroit a fourni quelques espèces d'eau douce : *Limnaea truncatula*, *L. peregra*, *Pisidium Cazertanum*. Un terrain analogue à celui de Vallorbes, avec les mêmes coquilles terrestres, a été trouvé à Territet, près Montreux.

M. SCHARDT<sup>1</sup> a remarqué dans le Bas-Valais, au-dessus d'Outre-Rhône et de Dorénaz, un sable léger, fin, micacé, qui remplit, à 100-300 m. au-dessus de la vallée, de légers enfoncements; il est lui-même recouvert de végétation. C'est très probablement une formation éolienne, due aux forts vents balayant les pentes desséchées et dénudées en amont de cette région. Le changement de direction de la vallée occasionne un ralentissement considérable du courant, en sorte que le limon qu'il maintient suspendu est déposé sur le gazon, qui continue à végéter; les coquilles des mollusques vivant sur place sont ainsi enfouies.

**Éboulements.** M. S. CHAVANNES<sup>2</sup> a résumé à nouveau les documents que l'on possède au sujet de l'éboulement du Tauredunum, sur lequel les chroniqueurs n'ont donné que des renseignements très obscurs. Les études de Morlot, de Troyon, Chavannes, etc., paraissent démontrer que cet éboulement est descendu du sommet du Grammont, du côté de la vallée du Rhône, par le valon de la Dérochiaz, au-dessus des Évouettes.

<sup>1</sup> C. R. Soc. vaud. sc. nat., 1889, 4 déc. *Archives sc. phys. et nat.*, XXIII, 90.

<sup>2</sup> Sylvius Chavannes, L'éboulement du Tauredunum. *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, XXIV, 1889, 1-6.

Ce travail a été reproduit en partie par M. A. STANTIN<sup>1</sup>, qui appuie cette opinion.

**Monument préhistorique.** M. G. MAILLARD<sup>2</sup> consacre son article au dolmen de la *Pierre aux Fées*, près Reignier (Haute-Savoie), qui se compose d'un bloc plat supporté par trois blocs plus petits. Il remarque que ces blocs sont de protogine, ainsi que quelques blocs épars du voisinage, ce qui forme un contraste frappant avec la grande moraine de blocs exclusivement calcaires au bord de laquelle se trouve le monument préhistorique. Les blocs composant le dolmen ont subi le travail de l'homme, travail grossier qui est très pendant fort visible. Leur isolement dans cette région où les protogines du Mont-Blanc font d'ailleurs l'élément défaut, fait penser M. Maillard que, non content d'avoir taillé ces pierres par quelque procédé primitif, le peuple préhistorique les a amenés d'une localité du voisinage, d'Ésens peut-être, où les blocs de protogine sont abondants.

**Glaciers actuels.** M. V. PAYOT<sup>3</sup> a continué ses observations sur les variations des glaciers dans la vallée de Chamonix ; voici ses observations pendant l'année 1889.

**Glacier des Bossons.** Retrait de 3 m. du 7 octobre 1888 au 12 octobre 1888 et abaissement de 10 m. de la surface au plateau inférieur. Le pavillon de la grotte du glacier, commencé en 1888, s'est trouvé le 12 octobre de la même année 50 m. plus bas. Pendant ce temps, le volume de la glace disparue doit avoir atteint 750,000 m<sup>3</sup>. Du 12 octobre 1888 au 20 mai 1889, l'allongement du glacier de nouveau atteint 14 m. 50.

<sup>1</sup> A. Constantin, L'éboulement du Tauredunum. *Revue suisse de géologie*, XXX, 1889, 1889, 221-216 et 257-261.

<sup>2</sup> G. Maillard, Quelques mots sur le dolmen de Reignier. *Revue savoisienne*, 1889, 147-151.

<sup>3</sup> V. Payot, Note sur les variations des glaciers dans la vallée de Chamonix. *Revue savoisienne*, 1889, p. 181-182.

*Glacier des Bois ou Mer de glace.* L'étendue superficielle n'a pas varié, mais l'ablation a été aussi forte qu'au glacier des Bossons.

*Glacier d'Argentières.* Ce glacier a avancé de 12 m. du 13 octobre 1887 au 26 octobre 1888. L'épaisseur aussi a augmenté.

*Le glacier du Tour* est aussi en progression. Du 13 octobre 1887 au 7 juillet 1888 il a reconquis 36 m. 50 de terrain.

M. le prof. A FOREL <sup>1</sup> a publié la suite de ses recherches sur les variations périodiques des glaciers; il constate que 44 glaciers suisses viennent de commencer une période d'accroissement. Tous les autres glaciers des Alpes occidentales et centrales et ceux des Alpes orientales, sont encore stationnaires ou en décroissance.

Il a paru un mémoire important de M. RICHTER <sup>2</sup> sur les glaciers des Alpes orientales dans lequel l'auteur examine et décrit 1012 glaciers. Ce travail mérite l'attention des géologues suisses. Une étude de ce genre manque encore pour les glaciers de notre pays.

---

<sup>1</sup> F.-A. Forel, Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Jahrbuch. S. A. C.*, t. XXIV, 1888-89, 9<sup>me</sup> rapport, 345-374.

<sup>2</sup> Ed. Richter, Die Gletscher der Ostalpen. *Handbücher zur deutschen Landes u. Volkskunde*, III, 1888.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## CHIMIE

AUG. BISCHLER et S. BRODSKY. SUR LA M. NITRO ET P. BROME O. NITROPHÉNYLHYDRAZINE. (*Berichte*, XXII, p. 2809, Zurich.)

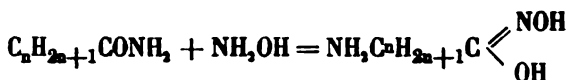
Ces combinaisons ont été obtenues respectivement de la m. nitraniline et de la p. brome o. nitraniline en les diazotant, puis réduisant par le chlorure d'étain; la p. brome o. nitrophénylhydrazine peut seule être réduite par l'amalgame de sodium en une triazine; la m. nitrohydrazine ne se réduit pas plus loin que la m. phénylènediamine. Les auteurs n'ont pas réussi à préparer la p. nitrophénylhydrazine.

La m. nitrophénylhydrazine  $C_6H_7N_3O_2$  cristallise sous forme d'aiguilles jaunes fusibles à  $93^\circ$ . Elle se combine facilement avec les aldéhydes et les cétones. La p. brome o. nitrophénylhydrazine  $C_6H_4Br(NO_2)NH.NH_2$  forme de longues aiguilles d'un rouge foncé fusibles à  $130^\circ$ ; sa triazine  $C_6H_4BrN_3CH$  forme des aiguilles jaunes très solubles dans l'eau chaude. De nombreux dérivés de ces corps ont été préparés et analysés par les auteurs.

---

C. HOFFMANN. ACIDES HYDROXAMIQUES DE LA SÉRIE GRASSE. (*Berichte*, XXII, p. 2854, Zurich.)

Les acides hydroxamiques de la série grasse, presque inconnus jusqu'ici, se forment facilement par l'action de l'hydroxylamine sur les amides



L'acide acéthydroxamique  $\text{CH}_3\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{NOH} \\ \searrow \text{OH} \end{array} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  fond à 58°-59°, il présente une réaction neutre, contrairement aux acides analogues. L'auteur poursuit la préparation et l'étude des homologues supérieurs.

M. NENCKI et N. SIEBER. ACIDE PARALACTIQUE OBTENU PAR LA FERMENTATION DU SUCRE DE RAISIN. (*Monat. f. Chem.*, 10, p. 532, Berne.)

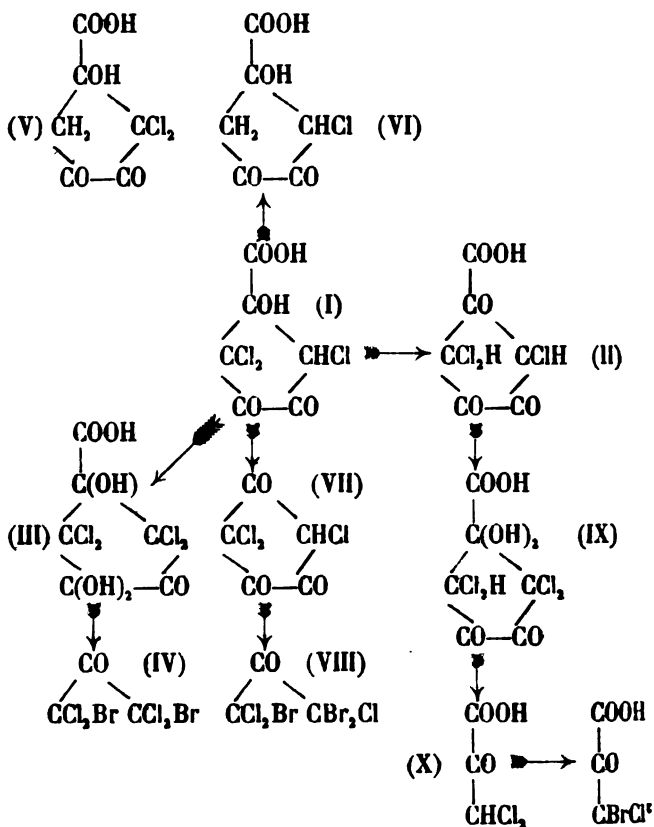
Ces chimistes physiologistes ont découvert un microcoque anaérobie qui transforme par fermentation le sucre de raisin en acide paralactique.

A. HANTZSCH. PRODUITS DE DÉCOMPOSITION DE L'ACIDE CHLORANISIQUE. (*Berichte*, XXII, p. 2841, Zurich.)

L'auteur a montré<sup>1</sup> que l'acide chloranisque traité par le chlore donne l'acide trichlordicétopentaméthylèneoxycarbonique (I), celui-ci par l'acide sulfurique fournit l'acide trichlordiacétylglyoxylique (II), et par un excès d'acide hypochloreux, l'hydrate de l'acide tétradicétopentaméthylène oxycarbonique (III), ce dernier par le brome et l'eau à 130° se transforme en tétrachloracétone dibromée symétrique (IV) et par réduction au moyen du zinc en poudre, en acide dichlordicétopentaméthylène oxycarbonique (V). L'acide I réduit de même fournit l'acide monochlordicétopentaméthylèneoxycarbonique (VI) et par l'oxydation au moyen de l'eau et du brome à 130°, la tribromacétone trichlorée (VIII) probablement avec formation passagère du trichlortricétopenta-

<sup>1</sup> *Archives*, XXI, p. 69, où il y a une faute d'impression, il faut lire partout anisque au lieu de anilique, *Berichte*, XXI, 2421.

méthylène (VII) qui peut être obtenu directement par l'action du chlore. Enfin si l'on fait agir l'acide hypochloreux sur l'acide trichlordiacétylglyoxylique (II) on obtient l'hydrate de l'acide tétrachlordiacétylglyoxylique (IX) et de celui-ci par un excès d'acide hypochloreux, l'acide dichlorpyruvique (X) qu'on peut facilement bromer.



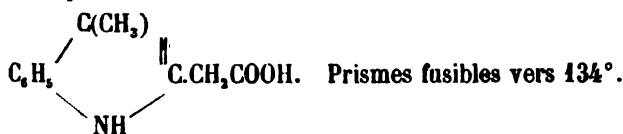
M. NENCKI et A. ROTSCHY. HÉMATOPORPHYRINE ET BILIRUBINE.  
(*Monatschrift f. Chem.*, 10, p. 568, Berne.)

Ces chimistes ont, par la méthode de Raoult, fixé leur for-

mule empirique, qui est pour les deux substances  $C_{16}H_{10}N_2O_2$ , et non le double. L'hématoporphyrine, réduite par l'étain et l'acide chlorhydrique, donne un produit qui ressemble à l'urobiline, obtenue par réduction de la bilirubine, mais la matière colorante obtenue n'est pas identique; dans l'organisme, l'hématoporphyrine est réduite par l'hydrogène naissant d'une manière analogue. Pour déceler la présence de l'urobiline, on acidifie par  $HCl$ , extrait par l'alcool amylique, solution qu'on examine au spectroscope ou à laquelle on ajoute une dissolution alcoolique ammoniacale de chlorure de zinc; il se produit une belle fluorescence verte.

**M. NENCKI. DÉCOMPOSITION DE L'ALBUMINE PAR DES SCHIZOMY-  
CÈTES ANAÉROBES.** (*Monat. f. Chem.*, 10, p. 506, Berne.)

L'auteur a étudié, avec V. Bovet, l'action sur l'albumine du sérum de trois bacilles anaérobies, le bacille liquefaciens magnus, le b. spinosus et le bacille du charbon symptomatique; les fermentations ont eu lieu dans des atmosphères d'azote, d'hydrogène et d'acide carbonique; l'action terminée, on distille, après avoir ajouté de l'acide oxalique; on obtient des gaz et des acides gras volatils jusqu'à l'acide capronique; les gaz qui ont été étudiés par Nencki et Sieber renferment de l'acide carbonique 97,1 %, 2,63 % d'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré et d'autres gaz absorbables par la potasse; l'odeur est due à du méthylmercaptan qui a été isolé; le liquide extrait ensuite par l'éther ne renferme que trois acides, dont la proportion varie suivant la durée de la fermentation et le ferment employé, ce sont l'acide phénylpropionique, l'acide p-oxyphénylpropionique et l'acide skatolacétique



Ces résultats confirment l'opinion de Salkowsky, qui admet dans l'albumine trois groupes aromatiques, celui de la

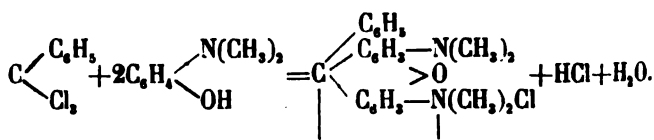


**RICHARD HAFNER. ACTION DU BROME SUR LA PARATOLUIDINE EN PRÉSENCE D'ACIDE SULFURIQUE CONCENTRÉ. (*Berichte*, XXII, p. 2902, Zurich.)**

Si l'on brome la paratoluidine en présence d'acide sulfurique concentré, cet acide provoque la formation d'un dérivé qui renferme Br dans la position o. m., relativement au groupe amide et dans la position ortho relativement au groupe méthyle; l'action du groupe amide sur le groupement normal des atomes est donc presque entièrement annulée par la présence de l'acide sulfurique concentré.

K. HEUMANN et HERMANN REY. MATIÈRES COLORANTES DU GROUPE DES BENZÉINES. (*Berichte*, XXII, p. 3004, Zurich.)

Par l'action du trichlorure de benzyle sur les m. amidophénols mono- ou dialkylés, on obtient une nouvelle classe de matières colorantes, les rosamines, qui ressemblent beaucoup aux rhodamines correspondantes. On a, par exemple, avec le diméthyl m. amidophénol,



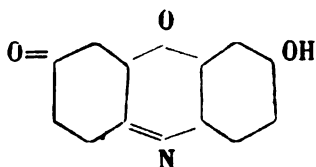
Les sels de la tétraméthylrosamine sont très solubles dans l'eau, avec une belle couleur bleue et une fluorescence jaune rouge très vive.

Les rosamines sont réduites par la poussière de zinc, et les produits ne s'oxydent pas à l'air.

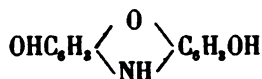
R. NIETZKI, AUGUSTE DIETZE et H. MÆCKLER. MATIÈRES COLO-  
RANTES DE LA RÉSORCINE DE WESELSKY. (*Berichte*, XXII,  
p. 3020, Bâle.)

Les auteurs proposent d'appeler résazurine, la diazorésor-  
cine de Weselsky, et résorufine, sa diazorésorufine, en consi-  
dération de ce qu'elles ne renferment pas le groupe dia-  
zoïque. L'étude de la résazurine conduit à la formule  $C_{17}H_{11}NO_4$ ; le bleu non fluorescent, de Weselsky, serait la  
tétrabromrésazurine; la résazurine se transforme facilement  
en résorufine, qui a pour formule  $C_{17}H_7NO_3$ ; tous deux ré-  
duits donnent l'hydrorésorufine, qui renferme trois groupes  
hydroxyles  $C_{17}H_9N(OH)_3$ ; le dérivé triacétylé fond à  $216^\circ$ .  
Cette hydrorésorufine, distillée avec la poussière de zinc,  
donne beaucoup de diphenylamine; elle peut se combiner  
avec la résorufine.

Suivant les auteurs, la résorufine aurait pour constitution :



l'hydrorésorufine serait



et le groupe chromophore serait le reste chinonimidé  
 $O=C_6H_4=N$ , et non pas la phénoxazine de Bernthsen.

COMPTE RENDU DES SÉANCES  
DE LA  
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES  
A LAUSANNE

---

*Séance du 5 mars 1890.*

F.-A. Forel, prof. : 1° Pierres de la moraine d'Yvoire; 2° Tempête du 27 janvier 1890 à Partenkirchen, en Bavière; 3° Genèse du lac Léman. — Schardt, prof. Trituration des bancs de calcaire dolomitique. — Renevier, prof. Discordance inverse de Vuargny.

M. F.-A. FOREL a reçu de M. A. DELEBECQUE, ingénieur à Thonon, deux pierres récoltées par un pêcheur dans la moraine submergée d'Yvoire.

La première est un bloc de gneiss alpin couvert de tiges du *Thamnium alopecurum*, var. *Lemani*, Schnetzler; les insertions y sont bien conservées et peuvent se prêter à l'étude. Autour de ces tiges apparaissent des filaments verts, qui semblent être des algues, et qui peut-être sont simplement du *prothallium* ou *protonema* de la mousse. Dans ces deux alternatives, cette production est intéressante, et elle est recommandée à l'étude de nos botanistes.

La seconde pierre est un morceau de calcaire alpin, profondément érosé, creusé des cavités globulaires déjà décrites, qui sont caractéristiques de l'érosion des rochers calcaires de cette moraine. L'insertion des tiges de mousse sur cette pierre et la couleur brunâtre spéciale indiquent avec sûreté quelle est la partie de la pierre qui émergeait hors de la vase et était baignée dans l'eau. Or c'est la face inférieure de la pierre, celle qui était enfouie dans l'argile lacustre, qui seule présente les cavités d'érosion. L'érosion est due non à l'eau,

mais à un agent contenu dans la vase. M. Forel l'attribue à de l'acide carbonique gazeux qui doit se dégager de la vase : les bulles de gaz seraient arrêtées par les aspérités de la pierre, et y creuseraient des cavités qui s'approfondiraient de bas en haut par la répétition de l'arrêt aux mêmes points du gaz dissolvant le calcaire. Quelle est l'origine de cet acide carbonique libre dans une marne argileuse d'un jaune clair, parfaitement propre, très pauvre en matières organiques ? C'est ce qu'il faudra rechercher.

Au nom de M. M.-F. WARD, M. Forel communique des observations très curieuses faites par ce physicien à Partenkirchen, en Bavière, à une altitude de 722 mètres, le 27 janvier 1890, pendant une tempête du nord-ouest. Les lectures du psychromètre, sur deux séries d'instruments indépendants les uns des autres, confirmées par la lecture de deux hygromètres à cheveu, montrent une sécheresse extrême de l'air. La température de l'air étant de 12° environ, l'humidité absolue était de 0,9<sup>mm</sup> et l'humidité relative de 4 à 8 pour cent. Voici une des séries de chiffres originaux de M. Ward. (Dans une cage de modèle allemand sur une fenêtre au nord, les thermomètres à 20 pieds au-dessus du sol.)

Heure.	PSYCHROMÈTRE.			HYGROMÈTRE			
	Thermomètre		Différence.	Humidité		À cheveu de	
	sec.	humide.		absolue.	relative.	Lambrecht.	Höttingen.
8 mat.	5.5°	1.3°	4.2°	2.6 mm.	40%	40%	40%
2 soir	13.0	3.8	9.2	0.9	8	5	5
3	12.6	3.8	8.8			5	5
4	12.2	3.4	8.8			7	4
5	12.2	3.2	9.0			7	4
6	12.2	3.0	9.2			7	4
8	11.4	3.0	8.4	1.0	10	10	6
9	10.0	3.4	6.6	2.0	25	20	20

La sécheresse de l'air était extraordinaire, à en juger d'après les sensations désagréables de la peau ; les plumes d'oie se fendaient, l'encre séchait dans les encriers. Une couche de 5 cm. de neige à 9 h. avait disparu à 2 h. après-midi,

M. FOREL continue l'exposé de sa théorie sur l'origine du lac Léman. (Voyez séance du 6 février de la Société de physique de Genève, *Archives*, t. XXIII, p. 184.)

M. le Dr SCHARDT est d'avis que l'origine du bassin du Léman ne se lie pas directement à celle de la vallée du Rhône. La vallée du Rhône a existé avant la dépression du Léman, soit pendant l'époque miocène, tandis que le creusement de la vallée du lac est postérieur à cette époque, de même que l'approfondissement final de la vallée du Rhône. L'érosion du bassin du Léman doit avoir été déterminée et facilitée par des causes orographiques, dans sa partie supérieure entre Bex et St-Gingolph par la convergence (Schaarung) des chaînes des Préalpes qui doit avoir coïncidé avec un abaissement de celles-ci, puis par une faille très manifeste qui suit le pied du Grammont entre la Porte du Sex et St-Gingolph, mettant en contact le tertiaire avec le jurassique inférieur et le lias. M. Schardt se déclare d'accord avec la théorie de M. Forel, d'attribuer la grande profondeur du lac à un affaissement des chaînes alpines; mais au lieu d'étendre cet affaissement à la chaîne entière, il serait tenté d'y voir plutôt la conséquence d'un affaissement du bord des Alpes par suite du renversement des plis, ce qui n'exclut pas la possibilité d'un enfoncement de la chaîne entière. L'enfoncement du pied des voûtes est démontré par l'expérience et explique non seulement l'existence des lacs sur les deux versants des Alpes, mais aussi la formation des lacs du pied du Jura.

M. le Dr SCHARDT, en rappelant la communication qu'il a faite (séance du 3 juillet 1889) sur l'origine de la brèche salifère de Bex et de la brèche anhydritique qui accompagne ces gisements, montre deux échantillons très démonstratifs à l'appui de l'action mécanique qui doit avoir trituré les bancs de calcaire dolomitique interposés aux assises d'anhydrite. Mais il a trouvé que la dislocation des bancs en contact avec une matière saline n'est pas exclusivement due aux mouvements ayant disloqué le sol, mais aussi aux phénomènes de recristallisation du sel, de l'anhydrite, etc., dans l'intérieur des fissures capillaires des roches. A l'appui de cette théorie, M. Schardt cite la désagrégation de grès mollassique par la pénétration d'eau chargée de chlorure de sodium et montre un cas bien plus concluant, une cuvette en faïence très compacte que de l'alun cristallisant lentement dans ses pores

avait failli éclater dans toutes ses parties, en détachant des lames et des plaques; la pénétration ne pouvait pourtant se faire que par quelques défauts imperceptibles dans l'émail; cette action se continue encore lentement suivant l'état hygrométrique de l'air, et a commencé à se montrer il y a trois ans.

M. le prof. RENEVIER montre une photographie des Rochers de Vuargny, sur la route d'Aigle au Sepey, laquelle reproduit une anomalie de stratification, qu'il désigne comme une *discordance renversée*. Les couches rhétiennes fossilifères, plongeant de 45° au S-E., reposent par leur tranche sur le Bathonien renversé, qui plonge de 60° à 65° au S. (Voir aux *Mémoires*.)

*Séance du 19 mars.*

Henri Dufour, prof. Nouvelles machines électriques par influence. — Guillemin, ing. Considérations générales sur le relief des continents. — Paul Busset. Formation d'une veine liquide dans un liquide.

M. Henry DUFOUR parle des *nouvelles machines électriques par influence*.

M. l'ingénieur GUILLEMIN présente quelques considérations générales *sur le relief des continents*.

M. Paul BUSSET. Lorsqu'une veine liquide tombe dans l'air, la formation des gouttes à l'extrémité de la « partie continue » est très rapide. Aussi est-il difficile d'observer les différentes phases du phénomène, même en se servant du disque à fentes radiales de Savart ou de l'étincelle électrique.

En introduisant une résistance qui s'oppose à la transformation en gouttes, il est possible de ralentir assez cette transformation pour qu'on puisse l'observer très facilement.

Cette résistance est obtenue sous forme de frottements, en formant la veine non plus dans l'air, mais dans un liquide, c'est-à-dire en faisant arriver une veine d'huile dans un mélange d'eau et d'alcool.

Voici l'appareil très simple qui a été employé pour faire l'expérience : Un tube de verre, placé verticalement (6<sup>cm</sup> de diam. sur 40<sup>cm</sup> de long.), contient le mélange alcoolique. A l'extrémité inférieure du tube est adapté un bouchon traversé par un petit tube. A côté de ce tube et un peu en dessus est placé le réservoir à huile qui communique avec le petit tube par un tuyau en caoutchouc.

Lorsqu'on ouvre la communication avec le réservoir, on voit une colonne d'huile qui sort du petit tube et s'élève verticalement dans le mélange alcoolique (ce mélange était un peu plus dense que l'huile).

Tout en s'élevant la colonne s'épaissit et l'on voit se dessiner à son extrémité des renflements et des étranglements qui s'accroissent peu à peu. A un moment donné le renflement terminal n'est plus tenu à la partie continue de la veine que par un mince filet, celui-ci se rompt et la goutte détachée s'élève.

Au moment de la rupture du filet la colonne se raccourcit brusquement d'une certaine quantité, puis elle s'allonge de nouveau, en se renflant jusqu'à formation d'une nouvelle goutte; après il y a un nouveau raccourcissement, et ainsi de suite.

Tout se passe si lentement qu'on peut observer chaque détail du phénomène, par exemple la formation d'une très petite goutte (sphérule de Plateau) provenant de la rupture du filet.

Cette expérience est une modification de celles de Plateau et confirme sa théorie de la transformation des cylindres liquides en sphères isolées.

Il resterait à étudier quelle est l'influence, sur la veine liquide, de différents facteurs tels que la densité du mélange alcoolique et sa hauteur dans le vase qui le contient.

## **J.-L. SORET**

Au moment même de mettre la dernière main à ce numéro nous avons la douleur d'apprendre la mort de notre excellent ami et collaborateur M. J.-L. Soret, et le triste devoir de l'annoncer à nos lecteurs en les priant de s'associer au deuil profond dans lequel elle nous plonge.

Nous reviendrons en détail dans un de nos prochains numéros sur la carrière scientifique de notre éminent collaborateur; pour aujourd'hui nous devons nous borner à l'expression de nos regrets qui seront partagés, nous le savons, il nous est doux de le penser, par les innombrables amis que M. Soret comptait au loin comme au près.

Né à Genève le 30 juin 1827, JACQUES-LOUIS SORET se voua de bonne heure à l'étude de la physique à laquelle il a consacré sa vie tout entière. Élève de Regnault, il joignait comme lui à un jugement très sûr une grande habileté d'expérimentation et une extrême finesse d'observation. Ses nombreux travaux en font foi, tous présentent le même degré de fini et la même précision dans les méthodes. Citons tout particulièrement ses belles recherches sur l'électrolyse, celles sur l'ozone et son invention du spectroscope à oculaire fluorescent pour l'étude des radiations ultraviolettes.

Nommé professeur en 1876, il a enseigné la physique avec beaucoup de distinction à l'Université de Genève.



Membre depuis trente-cinq ans du Comité de Rédaction des *Archives des sciences physiques et naturelles*, il a présidé pendant plusieurs années à la publication de notre revue et n'a cessé de consacrer ses connaissances et son activité à travailler à son développement. Nous perdons en lui un collaborateur profondément aimé.

Saisi l'automne dernier en pleine carrière par les premières atteintes d'une maladie organique, qui ne laissait dès le début que peu d'espoir de guérison, il a supporté ces longues et cruelles souffrances avec une énergie et une sérénité qui ne se sont pas démenties un seul instant jusqu'à la fin, faisant l'admiration de tous ceux qui ont eu le privilège de l'approcher et de l'entourer de leur affection durant cette douloureuse période.

Ne permettant pas aux souffrances physiques d'entamer son activité intellectuelle, il a lutté et travaillé jusqu'au bout, faisant presque illusion à ceux qui le voyaient remporter cette victoire continuelle sur la maladie. En janvier dernier, très affaibli déjà, il allait encore à son laboratoire et achevait la rédaction d'un grand mémoire publié en collaboration avec M. Rilliet sur l'absorption des rayons ultraviolets par certaines substances.

Cette lutte courageuse ne pouvait cependant arrêter les progrès du mal et mardi dernier 13 mai J.-L. Soret s'éteignait après de nouvelles et violentes souffrances.

Cette vie si utilement remplie, cette précieuse collaboration laissent dans nos cœurs un souvenir de profonde et ineffaçable reconnaissance.

*La Rédaction des Archives.*



# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1890

---

Le 1<sup>er</sup>, forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.

5, forte rosée le matin; tonnerres au sud à 2 h. 25 m. du soir.

6, très forte rosée le matin.

7, forte rosée le matin.

8, neige sur les montagnes environnantes.

9, forte bise jusqu'à 1 h. du soir.

12, très forte rosée le matin; giboulées de neige le matin.

14, forte rosée le matin.

15 et 16, très forte rosée le matin.

17, fort vent vers 5 h. du soir.

24, fort vent depuis 10 h. du soir.

25, très fort vent pendant la nuit, de 10 h. du matin à 1 h. du soir, et depuis 10 h. du soir.

26, neige sur le Salève.

29, brouillard enveloppant à 7 h. du matin.

30, très forte rosée le matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 10 h. matin .....	725,95	Le 3 à 4 h. soir .....	718,69
6 à 7 h. matin .....	727,47	9 à 2 h. matin .....	715,28
10 à 9 h. matin .....	720,76	10 à 10 h. soir .....	718,32
11 à 8 h. soir .....	720,47	17 à 4 h. soir .....	707,86
22 à 1 h. matin .....	732,60	25 à 1 h. soir .....	715,83
28 à 11 h. soir .....	726,84		

Jours de Mo..	Baromètre.				Température C.			Fract. de saturation en millimètres.			Pluie en mm.		Vent dominant.	Direction.	Temp. de Rhéus.		Légitimité à 100.
	Haut. moy. 24 h.	Minim. observé en millim.	Maxim. observé en millim.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	mm.			+ °	- °	
1	726.37	+ 1.84	725.42	9.75	2.92	6.7	+13.7	497	-224	340	670	...	NNE.	1	0.35	8.9	+1.6
2	723.99	- 0.53	724.10	8.89	1.92	3.2	+15.3	463	-253	350	580	...	N.	1	0.42	9.0	+1.7
3	720.36	- 4.15	718.69	9.76	2.66	4.9	+15.3	486	-228	310	640	...	N.	1	0.50	9.3	+1.9
4	722.69	- 1.84	720.77	8.72	1.48	5.3	+13.0	601	-112	350	750	0.8	calme	2	0.87	9.5	-2.0
5	725.95	+ 1.45	725.08	7.79	0.76	2.9	+15.0	628	-83	440	830	2.4	calme	1	0.60	9.8	+2.2
6	726.34	+ 1.85	725.42	8.37	0.44	4.3	+15.0	633	-157	270	740	...	calme	0.08	...	...	...
7	722.08	- 2.40	718.21	-10.41	2.76	3.8	+17.4	519	-189	210	820	1.6	SW.	1	0.57	9.0	+1.2
8	716.48	- 8.30	715.42	5.86	1.93	1.6	+9.0	602	-105	370	780	3.7	variable	0.90	8.4	-0.6	...
9	717.53	- 6.95	715.28	4.41	-3.52	1.0	+7.1	471	-235	280	760	0.6	NNE.	2	0.97	8.2	-0.3
10	719.58	- 4.91	718.32	4.96	3.11	1.7	+9.0	515	-189	340	700	0.7	variable	0.86	7.8	0.0	...
11	719.67	- 4.82	718.83	3.57	4.64	1.7	+8.4	679	-24	480	830	4.4	variable	0.57	7.8	-0.3	...
12	719.73	- 4.77	719.10	3.73	4.62	0.1	+7.8	556	-146	310	880	0.0	N.	1	0.57	7.8	-0.4
13	717.79	- 6.72	716.08	3.88	-4.61	2.3	+9.4	459	-242	210	670	...	variable	0.22	...	...	...
14	714.43	-10.39	711.86	6.97	1.66	0.1	+14.0	479	-221	280	760	...	calme	0.72	8.1	-0.3	...
15	712.64	-11.89	710.37	8.59	0.18	1.9	+17.1	507	-193	320	780	0.3	variable	0.95	8.3	-0.2	...
16	713.06	-11.47	710.37	-10.21	4.30	3.4	+16.6	504	-195	260	780	...	calme	0.77	8.6	0.0	...
17	709.75	-14.81	707.86	9.92	0.87	6.0	+15.1	580	-118	460	640	5.2	calme	0.95	8.7	0.0	...
18	715.36	- 9.22	712.35	7.36	1.83	3.3	+12.0	614	-83	430	710	5.1	SSW.	1	1.00	8.6	-0.2
19	720.94	- 3.66	718.94	9.39	0.05	5.9	+14.2	539	-138	330	730	8.4	SSW.	1	1.00	8.5	-0.4
20	728.40	+ 3.48	724.77	-10.54	4.06	7.0	+14.7	456	-240	310	590	...	NNE.	1	0.88	...	...
21	731.85	+ 7.31	731.26	-10.01	0.39	7.0	+14.4	451	-245	290	570	...	NNE.	1	0.25	7.5	-1.6
22	731.25	+ 6.58	729.49	-11.58	1.82	3.2	+20.4	444	-251	180	640	2.4	SW.	1	0.90	7.7	-1.5
23	729.83	+ 5.14	728.85	-12.41	2.50	9.5	+17.0	498	-267	200	670	4.4	SW.	1	0.90	9.0	-0.3
24	726.72	+ 2.00	724.77	-10.54	0.49	7.3	+12.8	474	-221	360	600	4.7	SSW.	1	0.98	9.0	-0.4
25	719.07	+ 5.48	715.83	-11.67	1.47	6.5	+18.2	430	-263	250	610	4.0	SSW.	2	0.93	8.9	-0.6
26	719.06	- 5.72	717.80	7.84	2.30	4.6	+13.2	469	-225	210	770	4.4	WSW.	1	0.57	7.1	-2.5
27	721.83	- 2.98	719.77	7.12	3.36	2.7	+12.5	700	+6	340	830	1.1	N.	1	0.98	...	...
28	725.50	+ 0.66	724.71	7.36	3.37	5.2	+10.4	802	+108	630	880	2.0	N.	1	0.82	7.3	-2.5
29	725.29	+ 0.41	723.80	8.44	2.63	1.2	+13.6	721	+27	430	980	...	N.	1	0.30	7.5	-2.4
30	723.38	- 1.53	721.39	-10.56	-0.36	3.0	+16.2	640	+54	440	840	...	N.	1	0.68	9.0	-1.0
Mois 721.54 - 3.23 + 8.34 + 0.63 543 -154 0.72 8.44 -0.34 112.50																	

## MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	722.53	722.25	722.77	722.84	721.86	721.17	721.53	721.90
2 <sup>e</sup> »	716.90	716.63	717.16	717.36	716.88	716.51	717.50	718.02
3 <sup>e</sup> »	726.10	725.74	725.94	725.90	724.97	724.50	724.82	725.21
Mois	721.84	721.54	721.95	722.03	721.23	720.73	721.29	721.71

<b>Température.</b>								
	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+ 6.02	+ 5.21	+ 5.50	+ 8.82	+ 11.08	+ 11.58	+ 8.33	+ 6.53
2 <sup>e</sup> »	+ 5.08	+ 4.20	+ 5.06	+ 8.59	+ 10.79	+ 10.74	+ 8.21	+ 6.66
3 <sup>e</sup> »	+ 7.47	+ 6.52	+ 7.97	+ 10.45	+ 12.89	+ 12.69	+ 10.70	+ 9.11
Mois	+ 6.19	+ 5.31	+ 6.17	+ 9.28	+ 11.59	+ 11.67	+ 9.08	+ 7.43

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	679	681	615	460	355	366	500	612
2 <sup>e</sup> »	674	728	652	458	365	369	483	585
3 <sup>e</sup> »	658	702	659	530	416	391	498	593
Mois	670	704	642	483	379	375	494	597

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	°	°	°		mm	cm
1 <sup>re</sup> décade	+ 3.24	+ 12.88	+ 8.90	0.62	9.8	112.21
2 <sup>e</sup> »	+ 2.66	+ 12.90	+ 8.30	0.79	23.4	110.68
3 <sup>e</sup> »	+ 5.02	+ 14.77	+ 8.11	0.73	17.0	114.60
Mois	+ 3.64	+ 13.52	+ 8.44	0.72	50.2	112.50

Dans ce mois l'air a été calme 25,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 17°, 6, W. et son intensité est égale à 15,9 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1890.

Le 1<sup>er</sup>, brouillard depuis 10 h. du soir

2, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

3, brouillard pendant tout le jour.

4, neige de 10 h. du matin à 4 h. du soir; fort vent de 4 h. à 7 h. du soir.

8, neige pendant tout le jour; elle est emportée par une violente bise et sa hauteur ne peut être mesurée.

9, violente bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 7 h. du matin; brouillard à 1 h. du soir.

10, neige dans la nuit; brouillard par une forte bise jusqu'à 7 h. du matin.

11, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; brouillard depuis 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir; neige dans la nuit.

12, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

14, fort vent depuis 1 h. du soir; neige à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir.

15, violent vent pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 4 h. du soir; neige depuis 7 h. du soir.

16, fort vent pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; neige de 10 h. du matin à 7 h. du soir.

17, neige jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir; fort vent jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.

18, brouillard par un fort vent jusqu'à 7 h. du matin; neige depuis 10 h. du soir.

19, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; fort vent depuis 10 h. du soir.

20, brouillard de 4 h. du soir à 7 h. du soir.

23, brouillard pendant tout le jour; forte bise à 10 h. du matin.

24, forte bise jusqu'à 7 h. du matin; neige jusqu'à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.

25, neige dans la journée; fort vent de 1 h. à 7 h. du soir.

26, brouillard à 10 h. du matin.

27, neige à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir.

28, brouillard depuis 10 h. du matin; forte bise depuis 7 h. du soir.

30, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; fort vent depuis 10 h. du matin.

REMARQUE. — Le barographe a été remis en place le 5 avril 1890.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 5 à 10 h. soir.....	562,92	Le 4 à 4 h. matin.....	558,17
11 à 7 h. soir.....	554,67	9 à 5 h. matin.....	548,07
14 à 10 h. matin.....	556,12	12 à 7 h. matin.....	532,35
21 à 9 h. soir.....	568,35	17 à 11 h. matin.....	550,25
31 à 10 h. matin.....	563,13	26 à 4 h. matin.....	553,90

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures. millim.	Ecart avec la hauteur normale. millim.	Minimum observé au barographe millim.	Maximum observé au barographe millim.	Moyenne des 24 heures. °	Ecart avec la température normale. °	Minimum absolu. °	Maximum absolu. °	Hauteur de la neige. millim.	En tombées dans les 24 h. millim.	Nombre d'heures.
1	564.18	+ 3.63	563.64	564.76	0.49	+ 4.99	- 4.4	+ 2.8	.....	.....	0.27
2	564.75	+ 3.35	564.21	564.56	- 3.64	+ 4.72	- 6.6	- 4.0	.....	.....	0.85
3	558.94	- 1.82	558.19	560.67	- 4.94	+ 0.40	- 8.0	- 1.7	.....	.....	1.00
4	559.66	- 0.86	558.17	561.46	- 6.94	+ 1.82	- 8.0	- 4.0	.....	.....	0.80
5	561.89	+ 4.31	560.95	562.92	- 5.57	- 0.58	- 7.8	+ 1.0	.....	5, 5	0.30
6	562.66	+ 2.02	562.45	562.90	- 4.12	+ 0.74	- 8.2	+ 2.1	.....	.....	0.30
7	559.63	- 4.08	555.30	562.10	- 2.94	+ 1.80	- 7.5	+ 4.5	.....	.....	0.58
8	554.49	- 9.29	549.20	555.00	- 10.24	+ 5.63	- 12.6	- 4.0	.....	.....	1.00
9	550.43	- 10.42	548.07	553.30	- 11.51	+ 7.03	- 12.4	- 8.2	.....	.....	0.77
10	553.54	- 7.38	553.00	554.07	- 8.99	+ 4.64	- 12.0	- 6.5	.....	.....	0.40
11	553.72	- 7.27	552.98	554.67	- 9.29	+ 5.07	- 12.7	- 5.2	170	8, 3	0.88
12	553.35	- 7.71	552.85	554.11	- 11.01	+ 6.92	- 14.8	- 7.2	50	4, 7	0.83
13	554.29	- 6.86	553.13	555.76	- 7.22	+ 3.26	- 12.1	- 1.9	.....	.....	0.10
14	555.71	- 5.51	555.35	556.12	- 6.79	+ 2.96	- 7.2	- 4.0	.....	.....	0.92
15	554.75	- 6.55	553.97	555.95	- 5.44	+ 1.75	- 6.5	- 2.5	80	6, 2	1.00
16	554.21	- 7.17	553.00	555.28	- 4.34	+ 0.79	- 4.9	- 2.0	400	10, 0	1.00
17	554.05	- 10.44	550.25	552.60	- 4.44	+ 0.73	- 8.9	- 0.5	240	48, 2	1.00
18	553.82	- 7.72	551.78	556.55	- 4.91	+ 1.64	- 6.5	- 2.0	180	16, 0	0.87
19	558.73	- 2.89	556.70	561.38	- 3.46	+ 0.33	- 6.4	- 0.5	410	5, 5	0.80
20	564.18	+ 2.47	561.75	566.50	- 1.41	+ 1.58	- 4.7	+ 4.4	.....	.....	0.47
21	567.46	+ 5.66	566.40	568.35	- 0.97	+ 1.88	- 5.8	+ 2.1	.....	.....	0.02
22	567.85	+ 5.96	566.90	568.30	+ 1.31	+ 4.02	- 3.5	+ 5.1	.....	.....	0.35
23	565.68	+ 3.70	565.20	566.80	+ 1.17	+ 1.40	- 6.2	+ 5.8	.....	.....	1.00
24	562.65	+ 0.58	561.72	564.80	- 0.94	+ 1.52	- 4.8	+ 2.8	.....	.....	0.93
25	558.42	- 3.74	555.00	562.80	- 1.97	+ 0.32	- 6.2	+ 3.0	450	21, 5	0.75
26	554.91	- 7.34	553.90	555.72	- 7.17	+ 5.03	- 10.5	- 3.5	200	11, 5	0.50
27	557.77	- 4.57	555.90	559.80	- 4.32	+ 2.33	- 8.0	- 1.7	.....	.....	0.58
28	560.12	- 2.31	559.45	560.97	- 4.77	+ 2.92	- 7.9	+ 0.2	40	3, 8	0.85
29	561.47	- 1.05	560.60	562.55	- 2.36	+ 0.65	- 7.6	+ 0.5	.....	.....	1.00
30	562.62	- 0.00	562.20	563.13	- 3.94	+ 2.37	- 5.6	- 0.6	.....	.....	0.65
Mois.	558.60	- 3.03			- 4.78	- 1.51					0.66



## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	539,11	538,32	538,44	538,63	538,50	538,33	538,47	538,36
2 <sup>e</sup> » ...	534,86	535,56	534,91	535,34	535,55	535,60	536,02	536,23
3 <sup>e</sup> » ...	562,23	561,60	561,67	561,91	561,92	561,74	561,98	562,12
Mois .....	538,73	538,16	538,34	538,63	538,65	538,56	538,82	538,90

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	— 7,02	— 4,87	— 3,26	— 3,88	— 6,17	— 6,83
2 <sup>e</sup> » ...	— 6,43	— 4,30	— 3,89	— 4,20	— 6,03	— 6,71
3 <sup>e</sup> » ...	— 2,98	— 0,26	+ 0,48	— 0,58	— 4,29	— 4,60
Mois .....	— 5,48	— 3,14	— 2,12	— 2,89	— 5,50	— 6,05

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	mm	mm		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	— 8,75	— 1,80	0,62	13,8	330
2 <sup>e</sup> » ...	— 8,17	— 2,14	0,79	61,6	790
3 <sup>e</sup> » ...	— 6,61	+ 1,17	0,57	36,8	390
Mois .....	— 7,84	— 0,92	0,66	112,2	1510

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,97 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 2,2 sur 100

SUR  
L'ANALYSE DES ARDOISES

PAR

**MM. Frédéric REVERDIN et Ch. DE LA HARPE**

---

A l'occasion d'une expertise nous avons dû chercher par l'examen d'un grand nombre d'ardoises neuves et vieilles à nous rendre compte des causes qui déterminent, avec le temps, leur détérioration et à établir une méthode d'analyse permettant d'apprécier leur véritable valeur technique. Nous avons publié à ce sujet dans la *Chemiker-Zeitung*, janvier 1890, p. 64-95 et 126, et dans le *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, 1890, p. 393, un mémoire détaillé que nous allons résumer en y ajoutant quelques faits nouveaux observés depuis ces publications, et qui confirment en tous points nos conclusions.

L'opinion généralement répandue chez les personnes qui s'occupent d'ardoises<sup>1</sup> et qui est pour ainsi dire parole d'Évangile pour la plupart des spécialistes, c'est que la

<sup>1</sup> Voir à ce sujet : Prof. Dr H. Brunner, Ueber die Werthbestimmung der Dachschiefer. *Schweiz. Wochenschrift f. Pharmacie*, 1889, n° 10. — Revue géologique suisse pour 1889. *Archives*, 1890, p. 292.

qualité des ardoises dépend principalement de la proportion de carbonate de chaux et de pyrite qu'elles renferment; l'*analyse chimique* pourrait donc donner des indications précieuses sur la valeur technique d'une ardoise et la constatation d'une certaine quantité de carbonate de chaux et de pyrite devrait, d'après cela, la faire considérer comme mauvaise.

Il résulte de nos recherches que cette opinion n'est pas justifiée par les faits. Nous avons pris en considération non seulement des ardoises sortant directement de la carrière mais encore des ardoises posées sur toit depuis longtemps (de 10 à 45 ans) ainsi que des échantillons prélevés dans les parties des gisements affleurant le sol et ayant subi de temps immémorial l'action des agents atmosphériques.

Voyons d'abord quelle est en réalité l'influence de la *teneur en carbonate de chaux* sur la qualité des ardoises (abstraction faite du changement de couleur dont nous ne nous sommes pas occupés et sur lequel nous ne sommes, du reste, pas fixés; nous ne saurions dire aujourd'hui s'il dépend ou non de la plus ou moins grande quantité de carbonate de chaux).

Les ardoises de *Servoz*, qui ne renferment pas de carbonate de chaux<sup>1</sup>, résistent très différemment, d'après de Mortillet<sup>2</sup> aux différents agents atmosphériques; tandis que les unes durent très longtemps, d'autres, au contraire, se délitent au bout de peu de temps; celles de *Morzine*, qui renferment jusqu'à 49 pour 100 de carbo-

<sup>1</sup> Dr Radian, *Schistes ardoisiers de Suisse et de Savoie (Dissertation)*. Genève, 1889.

<sup>2</sup> De Mortillet, *Minéralogie et géologie de la Savoie*.

nate de chaux, résistent bien aux agents atmosphériques; celles de *Mex*, d'après les analyses de MM. Prof. Brauns et Delafontaine, que M. le préfet de Werra a eu l'obligeance de nous communiquer, en renferment 19,5 pour 100; or, d'après un rapport de M. Brun, corroboré par les chimistes cités, elles résistent très convenablement vis-à-vis des pluies d'orage, neiges, etc.; des ardoises posées depuis plus de trente ans ne présentaient pas d'érosion appréciable. L'examen, fait par nous-mêmes, des ardoises de *Mex*, dont on trouvera les résultats consignés dans les tableaux I et II confirme entièrement l'opinion de ces chimistes. On voit par ces quelques faits qu'il n'y a pas de corrélation entre la teneur d'une ardoise en carbonate de chaux et sa valeur technique.

Du reste le carbonate de chaux est englobé dans la masse compacte des ardoises de telle manière qu'il n'est attaqué par un liquide acide, même sous l'influence du vide comme nous l'avons constaté, qu'avec une extrême lenteur; il n'est même pas attaqué d'une manière rapide et complète dans les ardoises compactes par un liquide fortement acide à la pression ordinaire. D'après une expertise de l'ardoise de *Mex*, faite par le laboratoire fédéral pour l'essai des matériaux de construction de Zurich, « elle donne après un séjour de 9 jours dans de l'acide chlorhydrique au  $\frac{1}{100}$ , une perte en poids de 7.64 %, seulement; comparée à d'autres ardoises analogues, elle doit être considérée comme très résistante à l'attaque par les acides qui peuvent s'emparer de sa chaux. »

Frésenius a proposé pour apprécier la qualité des ardoises de les soumettre à l'action de l'acide sulfureux; la détérioration plus ou moins rapide des échantillons soumis à ce traitement donnerait une indication approxi-

mative sur leur degré de résistance aux agents atmosphériques. L'idée de remplacer l'action lente des agents atmosphériques par l'action rapide, énergique et présentant des effets faciles à constater, de l'acide sulfureux, a certainement sa raison d'être; mais il ne faut pas oublier qu'au point de vue de l'action de l'acide sulfureux sur le carbonate de chaux, la méthode de Frésenius ne rend pas compte de ce qui se passe en réalité. Une ardoise renfermant du carbonate de chaux sera plus vite attaquée qu'une ardoise n'en renfermant pas, mais d'autre part, une ardoise poreuse sans carbonate de chaux pourrait être moins rapidement attaquée qu'une ardoise compacte renfermant du carbonate de chaux; la première serait cependant de qualité inférieure.

Nous n'admettons pas, en outre, ainsi que M<sup>r</sup> le Prof. Brunner, le déduit de l'étude d'un certain nombre d'ardoises, que la résistance à l'acide sulfureux soit toujours en relation avec la teneur en carbonate de chaux; si nous supposons, en effet, deux ardoises renfermant la même quantité de carbonate de chaux, dont l'une serait compacte et l'autre poreuse, il est bien évident que la seconde sera plus rapidement attaquée.

Quoique, dans la pratique, les ardoises ne se trouvent pas soumises à une atmosphère semblable et que la cause principale et déterminante de la détérioration des ardoises ne puisse être attribuée, comme nous le montrerons plus loin, à l'action chimique des agents atmosphériques, nous ne voulons pas contester que la méthode de Frésenius ne puisse donner, dans certains cas, un renseignement utile, lorsqu'elle est corroborée par d'autres déterminations.

La *teneur en pyrite* n'a pas non plus selon nous l'in-

fluence qu'on lui attribue sur la qualité des ardoises; de même que pour la question du carbonate de chaux les faits sont en contradiction avec l'opinion généralement admise.

Si la pyrite se décomposait comme on l'a supposé en présence des agents atmosphériques et réagissait en s'oxydant sur le carbonate de chaux, l'analyse chimique devrait déceler une différence sensible dans la quantité de pyrite renfermée dans les ardoises neuves et dans les vieilles. Or tel n'est pas le cas. M. le Prof. Brunner lui-même cite par exemple le fait qu'une ardoise fortement effritée au bout de deux ans renfermait après ce laps de temps à peu près la même quantité de pyrite qu'au début. Nous avons nous-mêmes trouvé dans une ardoise neuve de Sembrancher 0. 7%, de pyrite et dans une ardoise de même provenance, mais ayant été posée sur un toit pendant dix ans 0. 6%. Enfin un échantillon d'ardoise de Mex prélevé par nous dans une partie du gisement affleurant le sol de temps immémorial, renfermait 0.34 % de pyrite tandis que l'ardoise neuve de la même localité en contenait 0. 36%.

Ajoutons que les ardoises de Sion qui sont, sans conteste, reconnues mauvaises renferment une quantité de pyrite (0.84 moyenne de 4 analyses de M. le Prof. Brunner) inférieure à celles de Morzine (1. 07 analyse du Dr Radian) qui résistent convenablement aux agents atmosphériques et un peu supérieure seulement à celles de Sembrancher (0. 7) dont la qualité est bonne.

Du reste, les ardoises sont des roches éminemment compactes; elles ne présentent qu'une porosité insignifiante (voir tableau I) et la pyrite ne pourrait y être attaquée que si la roche devenait poreuse et se désagrégeait.

Par contre, à peu près toutes les ardoises renferment du fer à l'état ferreux extractible par l'acide chlorhydrique étendu (acide à 1 pour 100), tandis que la pyrite ne l'est pas.

Nous avons aussi constaté qu'un assez grand nombre d'ardoises, et particulièrement celles de Sembrancher, renferment de l'oxyde ferreux extractible par l'acide acétique étendu; mais cet oxyde est englobé dans la masse compacte de telle manière qu'il ne peut être attaqué au début par les agents atmosphériques.

Dans deux vieilles ardoises effritées de mauvaise qualité, nous avons trouvé une forte quantité de sel ferrique, et l'on est en droit de conclure (en tenant compte aussi du fait rapporté par M. Brunner que la teneur en pyrite d'une ardoise fortement effritée est restée à peu près la même au bout de deux ans) que ce sont les sels ferreux qui s'oxydent plus rapidement que la pyrite et que c'est de ceux-là surtout qu'il faudrait tenir compte en supposant que l'action principale et déterminante de la détérioration des ardoises soit de nature chimique.

Admettons, pour un instant, que la pyrite, les sels ferreux et le carbonate de chaux subissent des altérations au contact de l'air qui leur permettent de réagir, les uns sur les autres, dans un laps de temps relativement court: il est bien évident que la pierre s'attaquerait à la surface exposée à l'air seulement. Or, tel n'est pas le cas; lorsqu'il y a changement de composition dans l'ardoise, ce changement s'effectue non seulement à la surface, mais dans presque toute la masse, l'ardoise se délite.

L'ardoise s'effrite spécialement dans la partie non couverte, tandis que dans la partie couverte, l'action désagrégeante est superficielle et ne pénètre pas profondément;

au lieu de se réduire en feuillets, l'ardoise se réduit en poudre; ce phénomène-là est dû à une action chimique.

Nous avons donc été amenés à conclure que la désagrégation *première* des ardoises est due à une action *physique* et non pas à une action chimique, du moins pour l'ardoise *non couverte* (partie dont la détérioration plus ou moins rapide présente spécialement un intérêt pratique car c'est celle qui s'altère le plus rapidement dans les ardoises de qualité inférieure); l'action chimique ne commence à devenir plus rapide qu'après cette première désagrégation, lorsque la pierre a perdu sa compacité, qu'elle est devenue poreuse et pénétrable à l'influence des agents atmosphériques. On peut très facilement constater ce changement d'état par le son que produit le choc sur une ardoise neuve et sur une vieille; tandis que la première donne un son clair, la seconde, lorsqu'elle est devenue moins compacte, fournit un son mat.

Des expériences de Jannettaz ont montré que, dans les ardoises, comme dans les corps cristallisés, la chaleur n'est pas conduite d'une manière uniforme dans tous les sens, mais qu'elle l'est moins dans la direction perpendiculaire que dans les directions parallèles à leurs plans de clivage.

Si l'on recouvre de graisse une section faite dans une ardoise perpendiculairement à son plan de clivage et qu'on chauffe un point de cette section, la courbe que dessine le bourrelet formé par la graisse fondue après son refroidissement est une ellipse dont le grand axe est toujours parallèle et le petit perpendiculaire, par conséquent, à la direction de la schistosité. En mesurant la longueur de ces axes, on voit, par exemple, que le grand axe est au petit dans les rapports de 1.8, ou quelquefois



2 à 1 dans les ardoises de Fumay et de Rimogne (Ardennes); de 1.6 à 1 dans celles de Saint-Julien-en-Maurienne et de 1.4 à 1 dans celles de Bourg-d'Oisans. L'auteur n'a, du reste, pas fait ces expériences avec l'idée d'en tirer des conclusions sur la qualité des ardoises dont la plus ou moins grande résistance peut être tout à fait indépendante de la valeur de ce rapport. En rapprochant ce fait expérimental des conclusions auxquelles nous avons été amenés nous-mêmes et qui éliminent la prépondérance de l'action chimique au début de la détérioration des ardoises, nous avons supposé que leur désagrégation provient principalement et en premier lieu, des dilatations et rétractions inégales et successives auxquelles elles sont soumises sous l'influence des variations de la température. Si notre supposition était exacte, il ne s'agissait plus que de prouver expérimentalement qu'une ardoise compacte, au début, devient poreuse lorsqu'on la soumet à des variations de température. L'expérience a confirmé cette manière de voir, comme le prouvent les résultats indiqués au tableau II.

L'altération des ardoises est due à trois causes, dont deux sont de nature chimique et une (de beaucoup la plus importante) de nature physique.

1° Action chimique des agents atmosphériques ; c'est celle qui a le moins d'importance ;

2° Action chimique des gaz dégagés par le bois, s'exerçant sur la partie des ardoises en contact avec la charpente. Cette action est plus rapide que la précédente.

3° Action physique provenant de conductibilités calorifiques inégales.

Les *actions chimiques* ne peuvent s'exercer que sur les surfaces, et ont pour résultat, entre autres, de rendre la substance pulvérulente.

L'*action physique* s'exerce dans toute la masse et a pour résultat de l'effriter et, par conséquent, de multiplier beaucoup les surfaces susceptibles d'être attaquées par les agents chimiques.

Nous avons déterminé par la méthode que nous décrivons ci-dessous la porosité (que nous désignons sous le nom de « *porosité pratique*, » car nos chiffres tout en étant comparables entre eux, n'ont pas la prétention de représenter la *porosité réelle*, telle qu'on peut la déterminer en se basant sur les poids volumétriques et spécifiques des ardoises) d'un certain nombre d'ardoises neuves et vieilles (Expérience et tableau I), ainsi que la porosité des ardoises neuves après les avoir soumises à des changements de température brusques et souvent répétés (Expérience et tableau II). Quelques-unes de ces ardoises sont considérées à juste titre par tous les spécialistes comme excellentes, tandis que d'autres ont été reconnues mauvaises à l'usage d'une manière tout aussi unanime et l'on peut voir que les chiffres obtenus dans nos expériences correspondent bien à ces différences de qualité.

### *Expérience et tableau I.*

Des morceaux taillés d'ardoise avec les bords limés, mesurant environ 6 centimètres sur 2 centimètres ont été pesés puis introduits dans un tube de verre à parois épaisses de 12 centimètres (hauteur) sur 3,5 centimètres (diamètre), renfermant de la diphénylamine (substance fusible à 54°, distillant à 310°). Ce tube, fermé par un bouchon de caoutchouc, a été mis en communication avec un appareil à faire le vide, puis introduit dans un bain d'huile où il a été chauffé pendant deux heures à 170° en faisant le vide; on a ensuite laissé rentrer lente-

ment l'air en maintenant la température pendant quatre à cinq heures à 150°, puis on a retiré les morceaux d'ardoise pour les nettoyer avec du papier à filtre, on les a laissés refroidir, lavés à l'éther (ce lavage qui peut se faire très rapidement, grâce à l'extrême solubilité de la diphénylamine dans l'éther, a pour but d'enlever la substance qui pouvait rester sur les surfaces), séchés sur l'acide sulfurique et pesés de nouveau.

Les augmentations de poids constatées, représentant la diphénylamine entrée dans les pores de l'ardoise, ont été les suivantes :

PROVENANCE	NEUVE	VIEILLE		Augmentation totale entre l'ardoise neuve et l'ardoise vieille.	Augmentation rapportée à une période égale de 10 ans.
	Augmentation de poids.	Pesée depuis années.	Augmentation de poids		
	pour 100		pour 100	pour 100	pour 100
Salvan gris .....	0.03	45	0.19	0.16	0.035
Outre-Rhône.....	0.02	10	0.06	0.04	0.04
Ardennes.....	0.03	30	0.15	0.12	0.04
Sembrancher.....	0.04	10	0.28	0.24	0.24
Angers .....	0.06	30	1.11	1.05	0.35
Morzine .....	0.02	30	1.18	1.16	0.38
Mex .....	0.04	30	0.31	0.27	0.09
Id. ....	0.03	—	—	„	„
Salvan noir .....	0.06	—	—	„	„
Orny. ....	0.09	—	—	„	„
Sion .....	1.15	—	—	„	„
Sevin.....	—	20 à 25	1.16	„	„
La Chambre.....	0.60	—	—	„	„
Inconnue.....	—	14	2.32	„	„
Id. ....	—	—	0.82	„	„
Id. très effritée.	—	—	2.58	„	„

Ce tableau montre que la porosité, insignifiante chez les ardoises neuves de bonne qualité, devient plus forte chez les ardoises vieilles. Les chiffres de la dernière colonne facilitent la comparaison, mais il ne faut pas ou-

blier que nous ignorons si la progression de la porosité est bien proportionnelle au temps.

### *Expérience et tableau II.*

Les ardoises neuves découpées en rectangles à bords bien limés de 2 centimètres de largeur sur 5 centimètres de longueur ont été soumises à l'intérieur d'un tube en fer forgé à une température de 300° pendant une demi-heure, puis le tube a été refroidi brusquement par un courant d'eau froide pendant une demi-heure. Afin que l'action de la température soit égale sur les morceaux d'ardoise, on en fixe un certain nombre autour d'un tube en verre dans lequel plonge le thermomètre et qu'on introduit dans le tube de fer. L'opération ci-dessus ayant été répétée vingt-quatre fois, les morceaux d'ardoise ont été imbibés de diphénylamine comme dans les expériences précédentes (tableau I).

PROVENANCE	Augmentation après les changements brusques de température.	Augmentation de poids de l'ardoise neuve non chauffée. (Col. I, tabl. I.)	DIFFÉRENCE
	pour 100	pour 100	pour 100
Outre-Rhône. ....	0.08	0.02	0.06
Salvan noir. ....	0.13	0.06	0.07
Sembrancher. ....	0.12	0.04	0.08
Mex. ....	0.15	0.04	0.11
Id. ....	0.12	0.03	0.09
Orny. ....	0.27	0.09	0.18
Morzine. ....	0.24	0.02	0.22
La Chambre. ....	0.74	0.60	0.14
Sion. ....	2.35	1.15	1.20

Il résulte de cette étude que, pour arriver à des conclusions se rapprochant de la réalité sur la qualité des ardoises, il faut non seulement tenir compte de l'examen

chimique, mais avant tout déterminer exactement par les méthodes que nous venons de décrire.

1° La porosité de l'ardoise neuve;

2° La porosité de l'ardoise neuve après l'avoir soumise à des changements brusques de température.

Dans les ardoises de bonne qualité, non seulement la porosité de l'ardoise neuve doit être faible, mais encore elle ne doit pas augmenter dans une forte proportion après que l'ardoise a été soumise à des changements brusques de température.

Les ardoises seront, en tout cas, de qualité inférieure si leur porosité au début est forte, lors même qu'elle n'augmenterait que dans une proportion relativement faible par les changements brusques de température.

Sans vouloir attribuer une valeur trop absolue aux chiffres indiqués dans nos tableaux, moyennes de plusieurs déterminations et pour ce qui concerne les échantillons que nous avons examinés, la porosité des ardoises de bonne qualité est inférieure à 0.1 pour 100 pour l'ardoise neuve et à 0.3 pour l'ardoise chauffée et refroidie brusquement.

Ces déterminations remplacent avantageusement, croyons-nous, les expériences imparfaites, basées sur la gélivité et l'influence des changements brusques de température, telles qu'on les pratique généralement. Les résultats de ces expériences, constatés par un examen oculaire, ne sauraient être que très approximatifs et ne peuvent avoir d'intérêt que dans les cas spéciaux où l'on a, par exemple, à examiner des échantillons de qualités extrêmes.

Genève, 9, rue du Stand.

---

**L'EXPÉRIENCE FONDAMENTALE**  
**SUR LA**  
**CAPACITÉ INDUCTIVE SPÉCIFIQUE**

**PAR**  
**M. le Dr R. WEBER**  
Prof. à Neuchâtel.

---

Dans l'enseignement des phénomènes d'induction en électrostatique, il est désirable qu'on puisse prouver aux auditeurs, par une expérience à la fois simple et concluante, que les différents milieux intercalés entre un corps électrisé et un corps conducteur quelconque déterminent sur ce dernier une induction très différente suivant le milieu.

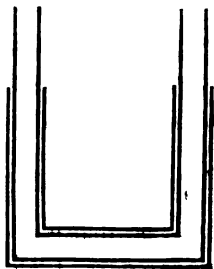
Les expériences proposées avec l'électroscope ou avec des bouteilles de Leyde ordinaires ne réussissent guère pour des expériences de cours. La cause principale gît dans le fait que le rapport du volume d'air déplacé par le diélectrique solide intercalé au volume d'air non déplacé et restant entre les deux corps conducteurs est trop petit.

En admettant une démonstration un peu moins directe, on arrive facilement à une démonstration simple et tout à fait concluante.

Partant du fait que certains liquides ont une capacité

inductive spécifique beaucoup plus grande que les solides, il est tout indiqué de séparer les deux conducteurs à électriser non par un solide mais par un liquide. L'eau ayant une capacité inductive spécifique de 80 environ<sup>1</sup>, c'est le liquide le plus approprié pour l'expérience.

La forme la plus avantageuse des conducteurs me paraît être celle des bouteilles de Leyde ordinaires, qu'on construit en principe de la manière suivante : Un premier verre cylindrique est couvert d'étain à la surface extérieure. Un second verre de même forme que le précédent, mais ayant un diamètre extérieur de 6 mm. environ plus petit que le diamètre intérieur du premier verre, est couvert d'étain à sa surface intérieure. On introduit ce second verre dans le premier en ayant soin de le maintenir au fond et sur les côtés à la même distance du second verre. En remplissant d'air, d'alcool ou d'eau l'espace ainsi



formé et en chargeant les armatures au même potentiel, la différence de la capacité inductive spécifique des trois corps devient frappante au moment de la décharge.

<sup>1</sup> M. Tereschin trouve 84, voir *Ann. de Wiedemann*, t. 36, p. 792; Cohn et Arons ont trouvé 76, voir *Ann. de Wiedemann*, t. 33, p. 13.

Il est facile d'exprimer en chiffres le rapport des charges si l'on suppose qu'on charge au même potentiel  $V$ . En effet, si chaque verre a l'épaisseur de 1 mm., si les deux verres sont distants de 3 mm., si l'armature a 1 cm<sup>2</sup> et si la capacité inductive spécifique du verre est égale à 7, la charge devient, en remplaçant par de l'air l'espace compris entre les verres :

$$Q_3 = C_3 \cdot V = k \frac{sV}{4\pi d} = \frac{7.1 + 1.3 + 7.1}{1 + 3 + 1} \cdot \frac{sV}{4\pi(1+3+1)} = \frac{17}{25} \frac{sV}{4\pi}$$

En remplissant le même espace d'eau, la charge devient

$$Q'_3 = C'_3 \cdot V = \frac{7.1 + 80.3 + 7.1}{1 + 3 + 1} \cdot \frac{sV}{4\pi(1+3+1)} = \frac{254}{25} \frac{sV}{4\pi}$$

Si, entre les deux armatures, il n'y avait que du verre, la charge deviendrait

$$Q_3^+ = C_3^+ \cdot V = \frac{7.1 + 7.3 + 7.1}{1 + 3 + 1} \cdot \frac{sV}{4\pi(1+3+1)} = \frac{35}{25} \frac{sV}{4\pi}$$

En remplissant l'espace d'une telle bouteille de Leyde avec de l'air, du verre ou de l'eau, le rapport des charges électriques devient :

$$17 : 35 : 254$$

Ces rapports sont tout autres, si l'on fait varier la distance des deux verres des bouteilles. Ainsi, en supposant les mêmes armatures et le même verre, mais la distance



des deux verres égale à  $n$  millimètres, ces rapports deviennent :

$n$	air	verre	eau
1	15	21	94
2	16	28	174
3	17	35	254
4	18	42	334
5	19	49	414
6	20	56	494

Il serait donc avantageux de faire l'espace entre les deux verres aussi grand que possible pour obtenir aussi petit que possible le rapport des deux charges induites par l'air et par l'eau, et pour rendre très sensible l'influence du milieu intercalé ; mais en augmentant la distance des verres on arrive assez rapidement au point à partir duquel on ne peut plus obtenir une charge sensible dans la bouteille à air. Pour cette raison, il ne faut pas dépasser 3 à 4 millimètres pour l'épaisseur de la couche d'eau.

J'ai construit deux de ces bouteilles avec quatre verres à précipiter. Les deux verres, emboîtés l'un dans l'autre, sont maintenus à une distance égale par trois petites pièces de feutre collées sur le bord inférieur du verre intérieur. En mesurant la surface des armatures et le volume de l'eau, la distance entre les deux verres a été trouvée égale à 3 millimètres environ. — Dans la bouteille destinée à contenir l'eau, j'ai fait équilibre à la poussée en mettant de la grenaille de plomb dans le verre intérieur.

Pour charger les deux bouteilles au même potentiel, je fais communiquer les armatures extérieures des deux bouteilles entre elles et avec l'un des conducteurs d'une

machine, tandis que les armatures intérieures commutent entre elles et avec l'autre conducteur. De cette façon les auditeurs sont convaincus que les deux bouteilles ont été soumises aux mêmes conditions d'expérience.

Quand la bouteille à air ne donne qu'une décharge à peine sensible, la bouteille à eau donne lieu à une assez forte commotion.

Le calcul, ainsi qu'une mesure directe, a montré que la bouteille à eau contient une charge environ 14 fois plus grande que la charge de la bouteille à air.

L'expression algébrique pour la capacité de la bouteille peut prendre la forme.

$$(1) \quad C = A(B + x)$$

si l'on désigne par  $x$  la capacité inductive spécifique du milieu intercalé entre les deux verres. Les quantités  $A$  et  $B$  sont constantes, en tant qu'on emploie une bouteille de même forme, mêmes dimensions et formée des mêmes substances. En particulier, pour l'air comme milieu entre les verres, soit pour  $x = 1$ , on aura :

$$C_1 = A(B + 1)$$

L'expérience permet de déterminer le rapport  $R$  des capacités  $C : C_1$ . Si l'on connaît encore  $x'$  pour un liquide quelconque, il devient aisé d'éliminer les constantes  $A$  et  $B$ . En effet,

$$\begin{aligned} R' = C_2 : C_1 &= A(B + x') : A(B + 1) \\ &= (B + x') : (B + 1) \end{aligned}$$

et de là

$$B = \frac{x' - R'}{R' - 1},$$

de sorte que

$$C_1 = A \cdot \frac{x' - 1}{R' - 1}$$

et

$$C = A \left\{ \frac{x' - R'}{R' - 1} + x \right\} ;$$

donc

$$\frac{C}{C'} = R = \frac{x' - R' + x(R' - 1)}{x' - 1}$$

et

$$(II) \quad x = \frac{x'(R - 1) + (R' - R)}{R' - 1}$$

Pour la même bouteille et en prenant pour l'eau  $x' = 80$ , j'ai trouvé  $R' = C_1 : C_1 = 14,4$ ,

En versant différents liquides entre les deux verres, et après avoir déterminé les rapports  $R$ , la formule (II) m'a donné les valeurs suivantes pour la capacité inductive spécifique.

Air.....	$x = 1$	Pétrole.....	$x = 18,5$
Eau.....	80	Huile d'olive..	67
Alcool.....	82	Benzine.....	63
Glycérine.....	83	Xylol.....	102
Acide sulfurique..	80	Mercure.....	111
Sulf. de cuivre..	75	Glacé.....	82
Sulf. de zinc....	76		
Sel de cuisine...	74		
Acide azotique..	71		

On remarquera tout de suite la différence énorme qui

existe entre ces valeurs et celles que donnent les mesures faites avec beaucoup de précautions. Je dois m'abstenir de toute discussion ; mais j'ai estimé utile quand même de communiquer les chiffres ci-dessus, ne fut-ce que pour pouvoir comparer entre eux les chiffres se rapportant au mercure et aux liquides non métalliques, se rapportant aux liquides bons conducteurs et non conducteurs se rapportant à l'eau et à la glace.

Neuchâtel, 10 mai 1890.

# NOTICES CRISTALLOGRAPHIQUES

PAR

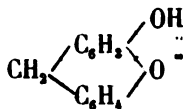
MM. L. DUPARC et A. LE ROYER

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle  
de Genève dans sa séance du 5 juin 1890.

## FORMES CRISTALLINES DE QUELQUES COMPOSÉS ORGANIQUES

Les formes cristallines déterminées dans ce travail ont été mesurées au moyen du goniomètre de Wollaston à limbe vertical sans lunette. La notation employée est celle de Miller. Les angles donnés sont ceux des normales.

### Dérivé hydroxylé de la méthylène-diphénilène oxyde.



Préparé par M. Wertheimer.

Obtenu par fusion potassique de l'acide méthylène diphénilène oxyde sulfonique. Point de fusion 142° cristallisé dans l'alcool.

Petits cristaux incolores transparents présentant deux types; dans le premier ils sont tabulaires aplatis selon l'axe des *z* et présentent la face (001) très développée et (111) plus petite.

Dans le deuxième type les faces (111) sont très développées et la base (001) réduite.

Prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 0,8577 : 1 : 1,9633$$

	Observé.	Calculé.
(111) ( $\bar{1}\bar{1}1$ )	$= 76^{\circ}20'$ *	
(111) ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ )	$= (87^{\circ}49')$	
(111) (001)	$= 71^{\circ}30'$	$71^{\circ}39'$

Sel de cuivre de l'acide  $\alpha$   $\alpha'$  naphthol sulfonique.



Préparé par M. Murat.

Obtenu en traitant l'acide  $C_{10}H_7OHSO_3H$  par un excès de  $CuCO_3$ . Ces cristaux perdent leur eau à  $175^{\circ}$  en jaunissant. Ils reprennent leur teinte première lorsqu'on les humecte.

Petits cristaux tabulaires transparents bleus, aplatis, même lamellaires, très fragiles présentant les faces (100) très développées, les faces (111) ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) allongées, très minces, la face (010) très petite.

Les mesures n'ont pu être effectuées que sur un seul cristal.

Prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 1,1588 : 1 : 1,6658$$

	Observé.
(100) (111)	$= 64^{\circ}26'$
(010) (111)	$= 60^{\circ}$

**Sel de calcium de l'acide  $\alpha'\alpha'$  naphтол sulfonique.**

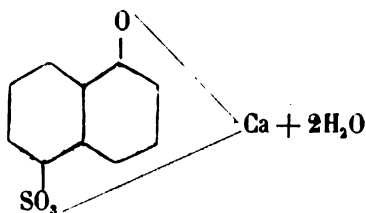
Préparé par M. Murat.

Obtenu en traitant l'acide  $C_{10}H_6OHSO_3H$  par un excès de  $CaCO_3$ , ne perd  $H_2O$  de cristallisation qu'à  $150^\circ$ - $160^\circ$ .

Face (001) très développée ( $\bar{1}11$ ) et (010) assez développée (100) et (301) peu développée. Cristaux tabulaires, fragiles, translucides.

\*

Formule



Prisme bi-oblique.

$$\alpha = 64^\circ 18' \quad \beta = 105^\circ 58' \quad \gamma = 96^\circ 52'$$

$$a : b : c = 0.9695 : 1 : 1.0234$$

	Observé.	Calculé.
(001) (010) =	$114^\circ 50' *$	
(001) (100) =	$75^\circ 34' *$	
(100) (010) =	$89^\circ 58' *$	
(010) ( $\bar{1}11$ ) =	$63^\circ 4' *$	
(001) ( $\bar{1}11$ ) =	$74^\circ 8' *$	
(100) ( $\bar{1}11$ ) =	$124^\circ 49'$	$124^\circ 12'$
(301) (100) =	$17^\circ 45'$	$17^\circ 14'$
(301) (010) =	$98^\circ 22'$	$97^\circ 21'$

**Tétra hydronaphtalate de méthyl.**

Préparé par M. Anselme.

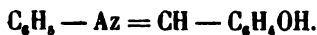
Mesures faites sur un seul cristal opaque blanc en mauvais état donnant des images peu nettes, face 100, développée (110) et (010) petite.

Prisme rhomboïdal oblique.

$$\beta = 126^{\circ}51'$$

$$a : b : c = 2.3421 : 1 : ?$$

	Observé.	Calculé.
(100) (001) =	53° 9'	
(100) (110) =	61°55'	
(001) (110) =	73°35'	73°36'

**Ortho-oxybenzylidène-aniline.**

Préparé par M. Amé Pictet.

Obtenu par l'action de l'aniline à 100° sur l'aldéhyde salicylique. Point de fusion 50°5 cristallisé dans l'alcool.

Cristaux jaunes transparents tabulaires aplatis selon (001) se ternissant à l'air. Face (001) bien formée, les autres petites et étroites, sur les angles aigus se trouvent placées deux petites facettes incurvées sans éclat, elles n'ont pas pu être mesurées.

Nous avons trouvé une macle par pénétration présentant la forme d'une croix.



Cette substance est décrite dans l'ouvrage de Bulstein comme ne cristallisant pas.

Prisme rhomboïdal droit

$$a : b : c = 0.4586 : 1 : 2.1922$$

	Observé.	Calculé.
(001) (111) =	79°14' *	
(111) ( $\bar{1}11$ ) =	48°21' *	
(111) ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) =	53°32'	53°30'

Dans une précédente série de mesures, nous avons eu l'occasion de mesurer l'éther éthylique de l'acide tétrahydronaphtalique, ce dernier ne semble pas avoir de rapport cristallographique avec le sel de méthyle que nous décrivons dans ce mémoire.

Laboratoire de minéralogie de  
l'Université de Genève.

\* *Archives des sciences physiques*, tome XXI. Avril 1889.

L'ORIGINE  
DE  
L'ASPHALTE, DU BITUME & DU PÉTROLE

PAR  
M. le D<sup>r</sup> A. JACQUARD  
Professeur.

---

« Il serait digne des antécédents de la science neuchâteloise, qu'après avoir reconnu le problème du gisement de l'asphalte, elle parvint aussi à résoudre le problème plus difficile de son origine. »

Ainsi s'exprimait, il y a une vingtaine d'années, le professeur Desor, alors que l'attention publique venait d'être vivement excitée par la découverte d'un nouveau gisement de cette substance minérale au Val-de-Travers, ainsi que par les publications du professeur Oscar Fraas et Léo de Lesquereux. Cet appel semble toutefois ne pas avoir été entendu, car c'est en vain que l'on chercherait dans la littérature scientifique de notre pays un document de quelque importance sur ce sujet. Il en a été à peu près de même au dehors; à l'exception d'une conférence de M. Dieulafoy, professeur à Marseille, sur *l'origine et le mode de formation des substances minérales salines*, il n'a

rien été publié qui soit de nature à jeter quelque lumière sur cette importante question. On s'est borné à publier ou à rééditer les diverses théories émises depuis plus ou moins longtemps, sans apporter de matériaux qui soient de nature à en procurer la solution.

Favorisé par la proximité d'un champ d'étude aussi important que le sont les mines d'asphalte du Val-de-Travers et encouragé par diverses découvertes, je viens de publier sous le titre d'*Études géologiques sur l'asphalte et le bitume au Val-de-Travers, dans le Jura et la Haute-Savoie*, un travail dont je me propose de résumer ou reproduire les principales données, espérant ainsi attirer l'attention sur un sujet que je n'ai nullement la prétention d'avoir épuisé, mais qui, au contraire, mérite d'être repris par de plus habiles que moi.

## I

### L'asphalte au Val-de-Travers.

#### 1. Historique.

Passant rapidement sur tout ce qui a trait à l'histoire de la découverte, de l'exploitation et des applications de l'asphalte, je signalerai d'abord les observations remarquables de Léopold de Buch, envoyé au commencement de ce siècle à Neuchâtel par le roi de Prusse pour y procéder à certaines recherches sur la houille qui, disait-on, devait exister dans la vallée du Locle. Cette mission scientifique qui marque le vrai début de la géologie dans notre pays donna occasion au jeune savant allemand de

rédiger diverses notes sur les roches et les terrains du Jura. Dans son *Catalogue des roches qui composent les montagnes de Neuchâtel*, il s'exprime ainsi au sujet de l'asphalte :

« Asphalte d'un noir foncé. Cassure raboteuse à petits grains. Mat à l'ombre, avec une infinité de lames brillantes au soleil. Mélange de bitume et de pierre calcaire grenue. La pierre est tendre là où il y a beaucoup de bitume; elle l'est moins là où la couleur est moins foncée. »

Suit une dissertation dans laquelle l'auteur établit que c'est improprement que l'on a donné le nom d'asphalte à la roche du Val-de-Travers, dont les caractères diffèrent absolument du véritable asphalte ou bitume de Judée. « L'asphalte du Val-de-Travers, dit-il, n'est pas une substance simple : c'est un mélange de *pierre calcaire coquillière et de bitume*. Qu'on expose des pièces à une forte chaleur, il brûlera avec une légère flamme bleue, peu vive, qui bientôt diminuera et s'éteindra sans que la pièce ait paru diminuer sensiblement de volume, » etc.

.... « C'est donc une couche qui ne diffère point des couches grenues dont les collines au bas des côtes du Val-de-Travers sont formées. Et le bitume ne sera nullement un indice de charbon de terre, comme on aime si souvent à le croire. Cette partie de la formation du Jura est trop connue et on sait trop bien qu'aucune formation de charbon de terre n'y trouverait sa place. D'ailleurs il n'y a dans le voisinage de ce bitume point d'empreinte ou de pétrification de végétaux, point de feuilles, point de roseaux, et il est plus que probable que ces masses tirent leur origine plutôt du règne animal que d'arbres et de plantes. La quantité de coquillages des environs le ferait présumer, quand même on ne ferait pas attention à la nature du bitume et à l'alcali volatil qu'ils peuvent contenir. »

Comme on le voit, l'illustre géologue, au début de sa carrière scientifique, avait parfaitement reconnu les conditions d'existence de l'asphalte du Val-de-Travers et même entrevu son origine organique, animale et non végétale.

En 1846, le professeur Ladame chargé par le gouvernement de procéder à quelques recherches sur l'asphalte, termine son rapport en ces termes :

« M. Ladame croit que l'asphalte est formé par la volatilisation de substances végétales placées au-dessous des bancs où existe ce minéral. L'ammoniaque et les sulfates contenus dans l'asphalte ne suffisent point pour faire admettre que les matières animales ont pris part à la formation de cette substance; il faudrait, pour en être sûr, y avoir découvert des principes phosphorés. »

En 1855, MM. Hessel et Kopp communiquaient à la Société helvétique des sciences naturelles un mémoire plus étendu, dans lequel ils abordaient successivement les questions de gisement, d'origine et de fabrication du mastic d'asphalte. On exploitait déjà alors un nouveau gisement sur la rive droite de la Reuse, celui du Bois-de-Croix étant épuisé. Une coupe théorique, très défectueuse, montre l'asphalte constituant le terrain urgonien, sous celui-ci le néocomien, etc. « Partout, disent les auteurs de la notice, dans quelque contrée que ce soit, dans le canton de Vand, à Travers, à St-Aubin, là où l'urgonien paraît, il est imprégné d'asphalte » (ce qui est tout à fait inexact). Ils oublient d'ailleurs de signaler la présence du bitume dans la molasse de Seyssel, de Dardagny, de Chavornay, d'Orbe, etc.

Abordant ensuite la question d'origine, MM. Hessel et Kopp citent l'opinion de M. Abich qui, après avoir étu-

dié les dépôts de naphte et de pétrole du revers méridional du Caucase, estime « que le bitume serait sorti liquide du sein de la terre par une cheminée pour s'épancher dans les terrains où on les rencontre » soit, pour ce qui concerne le Val-de-Travers, dans le terrain urgonien et aptien. Cette hypothèse a contre elle le fait qu'on n'a pas encore trouvé de cheminée, de point vers lequel convergent les infiltrations. On ne constate pas non plus que la richesse de la roche augmente de bas en haut, ni de haut en bas.

Jusqu'en 1867, les mines d'asphalte ne furent exploitées que dans des proportions assez restreintes, quelques mille tonnes par année, dans la dernière période. On ne connaissait alors que le gisement de la Presta, sur la rive droite de la Reuse entre Travers et Couvet. A l'approche de l'échéance de la concession et sur l'avis de M. Desor, le gouvernement fit exécuter divers sondages sous la direction de M. l'ingénieur cantonal C. Knab. Ceux-ci révélèrent l'existence ou l'extension du banc d'asphalte urgonien à quelques centaines de mètres plus à l'est dans la direction de Mosset et des Grands-Champs. Dans son exposé des raisons qui devaient engager à exécuter des sondages, M. Desor s'exprimait ainsi :

« Au Val-de-Travers, comme à Saint-Aubin et à Seys-sel, les mines d'asphalte sont dans le calcaire à caprotines, qui forme, chez nous, la partie supérieure de l'urgonien. La couche exploitée, appelée *bon banc*, est l'équivalent du banc désigné sous le nom de *pierre franche*, qui se taille et se scie avec la plus grande facilité. Enfin, au-dessus de ce banc, et séparé de lui par diverses couches de marnes aptiennes, il existe aussi de l'asphalte dans les grès aptiens qui couronnent le talus du crêt urgonien de la Presta.

« En dehors de ces deux niveaux géologiques, l'asphalte n'existe dans aucun autre terrain de notre pays. »

« Cette limitation de l'asphalte à l'étage urgonien fait supposer que l'imprégnation ne s'est pas faite de bas en haut, car dans ce cas on en trouverait au moins des traces dans les dépôts inférieurs. En prenant pour terme de comparaison les pétroles d'Amérique, on serait tenté de voir dans nos asphaltes le résidu de quelques dépôts de charbon qui auraient disparu en laissant l'asphalte comme témoin de leur présence. »

« D'un autre côté, la composition identique des gisements de l'asphalte à Travers et à Saint-Aubin, sur les deux flancs de la montagne, autorise la supposition qu'ils sont connexes et qu'ils ont dû être jadis continus. S'il en est ainsi, ces deux lambeaux n'ont pu être séparés que par le soulèvement même de la montagne qui, en faisant surgir des roches inférieures, a disloqué et refoulé les dépôts plus récents qui sont restés au fond du Val-de-Travers. »

De son côté l'ingénieur Knab exposait dans une série de lettres au *National Suisse* les faits relatifs aux sondages, ainsi que ses vues sur l'origine de l'asphalte; selon lui, « l'asphalte provient sans doute de l'imprégnation du calcaire urgonien par le *pétrole* ou *bitume* des gisements de houille réduite en anthracite, gisements qui ont disparu pendant les révolutions du globe. » Il ignore encore de quelle manière l'imprégnation s'est faite, mais à voir la facilité avec laquelle cette roche, à l'état naturel, absorbe une dissolution de bitume, il pense qu'il n'a pas fallu, pour produire l'asphalte, une *pression incommensurable*, comme l'admet M. Léon Malo, ingénieur de la Compagnie générale des asphaltes. Il partagerait plutôt l'opinion

d'autres géologues, qui supposent que les bitumes de Judée ou d'autres pays éloignés, sont venus, véhiculés à la surface des eaux d'un déluge, imprégner à froid les calcaires du terrain jurassique (crétacé) avant qu'ils fussent recouverts par les molasses vertes.

Dès l'année suivante les vues de notre ingénieur ont entièrement changé. Ensuite des découvertes du professeur Fraas de Stuttgart sur la formation du bitume dans la mer Rouge, il considère le bitume qui imprègne le calcaire urgonien comme provenant de la décomposition de mollusques tels que les caprotines, dont les coquilles fossiles abondent dans certains gisements de cet étage.

Cherchant à déterminer comment la transformation des mollusques en asphalte aurait pu s'effectuer, il expose la prodigieuse fécondité de l'huître commune, mollusque bivalve comme les caprotines et n'hésite pas à attribuer au développement de ces dernières la formation de véritables bancs ou couches de quelques mètres d'épaisseur. Étant donné le volume relatif de la partie charnue et de la partie solide de la coquille et certains facteurs de la décomposition organique, tels qu'une température élevée et une eau sursaturée, conséquence de l'évaporation, il ne peut plus douter que ce ne soit bien là le processus de formation du bitume et de l'asphalte.

En revanche M. Knab n'est pas d'accord avec M. Lesquereux, qui attribue la formation du pétrole à la décomposition des végétaux marins. Pour lui il n'y a aucun doute que l'asphalte, le bitume, le pétrole, proviennent de substances animales.

Dans ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois*, j'ai exposé en quelques pages les faits et les théories relatives à l'asphalte du Val-de-Travers et consa-



cré deux profils destinés à en établir les conditions géologiques. L'un de ces profils, dressé sur les résultats obtenus par les sondages, fait ressortir l'affleurement à la surface du banc d'asphalte, qui plonge rapidement au sud, sous les couches de l'aptien, du grès vert et de la molasse. Ce plongement devient ensuite moins accusé et se continue régulièrement sur 200 mètres, jusqu'au puits 5 des sondages, où il se trouve à 54 mètres sous le sol.

A cette époque deux opinions différentes se manifestaient, celle de M. Desor, qui prévoyait le redressement vers la surface et la disposition en cuvette synclinale habituelle aux vallons du Jura, et la mienne, qui contestait le redressement, en s'appuyant de l'existence d'une faille au versant sud du Val-de-Travers. C'est cette manière de voir que j'essayais de faire ressortir dans un second profil, destiné en outre à établir les relations théoriques entre les gisements de l'asphalte au Bois de Croix, à la Presta et à St-Aubin.

Le grand sondage entrepris à 300 mètres plus au sud, en 1872, dut être abandonné avant d'avoir atteint le banc d'asphalte. Il s'ensuivit une période de complet abandon des recherches, aussi bien sur l'extension de la couche d'asphalte que sur les problèmes relatifs à sa composition et à son origine.

Pendant longtemps des circonstances diverses m'empêchèrent de poursuivre ou plutôt de reprendre une étude que l'exploitation, très active depuis plus de vingt ans, devait tout particulièrement favoriser.

J'avais d'ailleurs reconnu la nécessité de comprendre dans un travail de ce genre les études relatives aux autres gisements asphaltiques et bitumineux du Jura, seules capables d'apporter un contingent de preuves suffisantes à

la justification de la théorie de l'origine organique de l'asphalte, du bitume et du pétrole.

## 2. Géologie.

Au point du vue géologique et orographique, le Val-de-Travers est constitué par la dépression comprise entre la chaîne du Chasseron-Creux-du-Vent et le plateau accidenté de la Côte-aux-Fées, Monlezi et les Montagnes de Travers. Il constitue l'un des nombreux *vallons de plissement* du Jura et renferme divers étages de la molasse, des grès verts et du néocomien.

Mais ces assises ne présentent plus aujourd'hui que des lambeaux isolés parmi lesquels il en est qui ont été portés à une hauteur de 1000 à 1400 mètres ainsi qu'on le voit au Mont de Couvet et au Rhuillières.

Le substratum ou fond sur lequel reposent les assises crétacées est constitué par les calcaires compacts du terrain jurassique supérieur qui constituent les chaînes anticlinales limitrophes. Toutefois, la structure de ces chaînes n'est point aussi régulière qu'on se plaisait à le croire autrefois. Deux séries d'accidents modifient leurs allures théoriques, sans toutefois en altérer bien fortement le relief.

Je dois citer, en premier lieu, l'existence d'un pli secondaire au versant nord du chaînon de Chasseron-Creux-du-Vent. Avant de s'enfoncer sous le Val-de-Travers, les couches jurassiques se redressent assez brusquement et déterminent l'apparition d'une synclinale régulière, dans laquelle les couches néocomiennes du valangien et du hauterivien se sont trouvées préservées de l'érosion et forment un *palier* caractéristique que nous appellerons val-

lon des Rhuillières. Le chaînon lui-même, très surbaissé, ne présente que l'un des *pans* de la voûte, grâce à un *pli-faille* longitudinal qui, très accusé au sud de Buttes, vient mourir au-dessus des Lacherelles, point où le chaînon principal se raccorde souterrainement avec le versant nord de la vallée.

Un second pli, selon toute probabilité prolongement du chaînon de la Côte-aux-Fées, se montre entre Buttes et Fleurier, où l'on voit apparaître le calcaire jurassique au milieu même du vallon, déterminant ainsi deux synclinales rapprochées, mais à peu près invisibles. De Fleurier à Couvet, l'érosion a fait disparaître toute trace du terrain jurassique, mais celui-ci reparaît à la gare de Couvet, là où on se fût attendu à retrouver les puissants dépôts néocomiens, si largement développés de Boveresse à Plancemont. La disposition anticlinale se manifeste surtout, comme nous le verrons, aux anciennes mines de la Presta, où on voit l'urgonien plonger au sud, au lieu d'affecter la disposition en cuvette indiquée par la théorie.

On conçoit que ces divers phénomènes de plissements et de dislocations aient contribué puissamment à favoriser les érosions subséquentes et l'énorme ablation qui en est résultée. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que nous ayons affaire ici à des cataclysmes et à des bouleversements instantanés. Ce n'est plus aujourd'hui qu'il est possible de concevoir le soulèvement des chaînes jurassiques comme ayant eu lieu à un moment donné; en réalité, depuis le dépôt des couches d'eau douce du purbeck jusqu'au moment où la mer de l'helvétien s'est retirée de la vallée du Rhône, il n'a cessé de se produire des alternatives d'exhaussement et d'affaissement, bien accusées par les variations dans la nature des dépôts, les

modifications de la faune, ou encore les discordances de superposition.

Il ne sera pas inutile, afin de bien déterminer le *niveau stratigraphique* des couches asphaltiques de jeter un rapide coup d'œil sur les terrains auxquels ils sont subordonnés. Pour ce qui conserve leurs caractères spéciaux, je renvoie le lecteur à ma *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois*<sup>1</sup>.

1° *Les terrains récents ou quaternaires*, constituent un ensemble de facies variés, passent les uns aux autres, de telle sorte qu'il n'est souvent pas possible de distinguer les dépôts diluviens des alluvions modernes, ces derniers étant constitués des matériaux remaniés des premiers. Ainsi les *alluvions modernes* du fond de la vallée formés de *graviers et cailloux* roulés, de limon et même de *tourbe* sont superposés aux couches plus anciennes, qui ont comblé la vallée d'érosion, de même que les *éboulis* formés de débris anguleux détachés des parois des rochers calcaires recouvrent par places les *sables, graviers et cailloux* roulés quaternaires.

2° *Les Couches tertiaires* du Val-de-Travers appartiennent à deux facies, l'un marin, l'autre lacustre, fluvio-marin ou saumâtre.

a) La *molasse marine* existe à Buttes, mais elle est peu développée; elle renferme des huîtres, des dents de requins, etc.;

b) La *molasse aquitanienne*, d'eau douce, forme une zone étroite au versant sud du vallon. Elle est marno-sableuse au sud de Fleurier, passe au grès homogène en-

<sup>1</sup> Sixième livraison des *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*. Berne 1869.

tre Môtiers et Couvet et redevient marneuse et surtout argileuse jusqu'aux Lacherelles.

Plusieurs couches sont exploitées comme terre à briques dans l'usine Quadri frères. Je n'y ai jamais découvert de fossiles et le gypse paraît aussi manquer.

La puissance du dépôt peut atteindre 80 à 100 mètres, à en juger par le grand sondage de Mosset, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir.

3° Le *groupe des grès verts* est représenté par :

a) Le *Cénomanién*. Calcaire crayeux et marneux, observé autrefois par Gressly à la Caroline près de Fleurier, où il est superposé au *gault* ou *albien*. On le retrouve dans la vallée des Ponts, au Joratel, près de Noirvaux, au lac de Saint-Point. Il est remarquable de le voir manquer dans la zone sud du vallon, où la molasse repose immédiatement sur les argiles du *gault*.

b) Le *Gault* ou *Albien*, *Vraconién*. C'est le *Grès vert* des anciens auteurs, divisé par le Dr Campiche et G. de Tribolet en trois étages, dont le plus supérieur paraît manquer au Val-de-Travers. L'étage moyen des argiles à fossiles pyriteux semble surtout développé au versant sud, par-dessous la molasse, car les sondages des Grands-Champs et de Mosset n'ont pas rencontré les couches de sable de l'étage inférieur, qui existent cependant à la Caroline, à Boveresse, etc.

c) L'*Aptien*. Cet étage, signalé dès 1855 au Val-de-Travers, fut subdivisé par Renevier en deux sous-étages, l'*aptien* et le *rhodanien*, le premier constitué par des grès durs, verdâtres, le second par des marnes et des argiles diversement colorées. Induit en erreur par l'aspect des roches, j'avais, dans mon *Mémoire sur le Jura vaudois et neuchâtelois*, signalé les couches supérieures sous le nom

de *grès aptien*. En réalité, comme je m'en suis convaincu récemment, ce ne sont nullement des grès qui constituent cet étage, mais des couches de calcaire, fortement colorées en vert par les grains de glauconie; ces calcaires sont superposés aux marnes et argiles du rhodanien, auxquels succède l'urgonien asphaltique. Comme ces calcaires glauconieux sont eux-mêmes bitumineux et asphaltiques, je leur consacrerai un chapitre spécial dans la suite de ce travail.

4° Le groupe *néocomien* est maintenant subdivisé en trois étages : *Urgonien*, *Hauterivien* et *Valangien*. Ceux-ci présentent eux-mêmes divers *facies* ou *sous-étages*.

a) *Urgonien*. Au Val-de-Travers, comme du reste dans tout le Jura central, on distingue dans cet étage deux facies distincts et superposés, savoir le *calcaire à Caprotines* et le *calcaire jaune inférieur à Échinodermes*. Le premier se présente lui-même sous deux aspects : tantôt c'est un calcaire dur, compact, à cassure conchoïdale, tantôt, au contraire, c'est une roche blanche, crayeuse, saccharoïde, à tissu lâche, plus ou moins grenue, ou spathique. Tous deux renferment d'ailleurs les même fossiles.

Comme nous le verrons, l'urgonien supérieur constitue la roche asphaltique et bitumineuse par excellence. Dans la roche crayeuse, c'est l'asphalte à divers degrés d'imprégnation, dans le calcaire compact, c'est le bitume visqueux, que je n'ai toutefois pas encore observé au Val-de-Travers.

L'urgonien inférieur est constitué par des calcaires marneux grenus, spathiques ou oolithiques, qui le rapprochent des calcaires jaunes du hauterivien.

b) *Hauterivien*. Nous comprenons sous ce nom le calcaire jaune et la marne bleue de Neuchâtel, d'Hauterive,

etc.; le premier ne renferme que des débris de coquilles broyées, mais se distingue néanmoins assez bien de l'urgonien inférieur. La marne, qui est très fossilifère, accompagne partout le calcaire, auquel elle doit d'avoir été préservée de la destruction par érosion.

c) *Valangien*. La partie inférieure du terrain crétacé, connue dans le Jura sous le nom de *Valangien*, apparaît constamment sur le pourtour des lambeaux de hauterivien. Deux assises distinctes constituent cet étage. La plus élevée est désignée sous le nom de *Limonite* ou de *Calcaire roux ferrugineux*.

L'assise inférieure, composée de couches plus épaisses et plus compactes, passe, vers la base, à des marnes plus ou moins développées, avec fossiles marins, auxquelles succèdent les marnes et le calcaire d'eau douce du *Purbeckien*, qui, lui-même, fait partie du système jurassique.

5° *Système jurassique*. Ce n'est ni le lieu, ni le moment de donner ici une description des étages et des terrains qui constituent les chaînons limitrophes du Val-de-Travers. Toutefois, je dois signaler combien sont grandes les différences pétrographiques, stratigraphiques et même orographiques qui distinguent les dépôts de cet âge de ceux que nous venons de passer en revue.

Ce qui caractérise tout particulièrement le *groupe jurassique supérieur*, tel qu'il se présente dans les grands escarpements des Blanches-Roches sur Noiraigue, du Creux-du-Vent, de Trémalmont, de la Corbière sur Saint-Sulpice, etc., c'est l'énorme épaisseur des assises (3 à 400 mètres), l'uniformité de texture des roches, l'absence de marnes et, conséquemment, de niveaux fossilifères. Pour distinguer des étages, pour établir des limites paléontologiques, il faudra donc chercher ailleurs, là où les couches

sont moins puissantes, plus variées, plus riches en fossiles, comme c'est le cas aux environs de Montbéliard, de Porrentruy, etc.

Le *groupe jurassique moyen*, visible dans les profondes coupures de Saint-Sulpice, du Creux-du-Vent, de la Clusette, présente un caractère tout autre, grâce à la prédominance des calcaires marneux hydrauliques. Il en est de même du *groupe jurassique inférieur*. Tous deux présentent ce fait intéressant de renfermer des indices de bitume et, en outre, comme nous le verrons, on a trouvé l'asphalte dans le *jurassique inférieur* des Époisats près de Vallores.

### 3. *Étude de l'asphalte urgonien.*

Ce qui caractérise particulièrement l'asphalte urgonien au Val-de-Travers, c'est le fait de son existence à la partie tout à fait supérieure de l'étage, au contact des marnes aptiennes, alors que, dans les gisements d'autres régions, la roche bitumineuse existe à divers niveaux au milieu du massif de calcaire blanc crayeux, formant plutôt des lentilles que des couches. Toutefois cette régularité et cette constance dans la superposition de l'asphalte n'est nullement constante, ainsi qu'on va le voir.

Au point de vue de la *nature*, soit de la proportion du bitume, les ouvriers désignent sous le nom de *crappe* une partie ordinairement supérieure qui dose moins de 7 %, de bitume.

Le *bon banc* en contient de 8 à 12 %, et même plus, mais il n'y a entre la *crappe* et le *bon banc* aucune ligne de démarcation quelconque, le passage est graduel et quelquefois l'une des qualités se substitue à l'autre dans toute l'épaisseur de la couche.



La crappe apparaît aussi parfois à la partie inférieure, elle est moins homogène, plus grossière, inégalement imprégnée de bitume et passe également à la roche blanche urgonienne.

Enfin, on a découvert récemment au-dessus de la crappe supérieure la roche blanche crayeuse très poreuse, criblée de poches, correspondant à la partie interne des coquilles de caprotines qui sont très nombreuses. En même temps apparaît une minime proportion de bitume, formant des taches brunes sur la roche blanche. C'est ce que j'ai proposé d'appeler la *fausse crappe*. Je reviendrai plus tard sur cette variété qui est du plus grand intérêt pour l'étude qui nous occupe.

Ce qui vient d'être dit montre que le *dosage* du bitume dans la roche est variable. M. le professeur Ladame avait observé jusqu'à 15 %, de matière organique dans les parties riches de la couche, et 9 %, dans la roche commune. MM. Hessel et Kopp indiquent à peu près les mêmes proportions.

En 1887, M. l'ingénieur Knab s'exprime ainsi au sujet des essais chimiques exécutés par lui :

« Comme on le sait, la qualité de l'asphalte roc dépend de sa richesse en bitume : les gisements connus et utilisés contiennent de 7 à 10 ou 11 %, de bitume ; si l'asphalte n'en renferme que 6 %, son exploitation est onéreuse. L'asphalte de Seyssel a une richesse de 8 % ; celui de la Presta 10 %, etc. »

En résumé, l'asphalte exploité dans la mine de la Presta contient de 9 à 11 %, de bitume. L'asphalte pur des carottes ramenées par la sonde en renfermait invariablement 10 %.

L'épaisseur ou la puissance du banc d'asphalte, dont

j'ai déjà eu l'occasion de dire quelques mots, est aussi très variable. Dans les indications qui vont suivre, je considérerai toujours, à moins d'indication contraire, le bon banc et la crappe réunis.

Les chiffres indiqués par MM. Hessel et Kopp, pour les sondages de 1854, varient de 2 à 8 mètres, pour la région de l'ancienne mine de la Presta.

Sur la zone d'affleurement de la nouvelle mine, l'épaisseur varie de 6<sup>m</sup>,50 à 7<sup>m</sup>,50; elle va en augmentant vers le sud et atteint 8 et même 9<sup>m</sup>,30 au fond du pli synclinal, pour diminuer ensuite vers le fond des galeries d'abatage au sud.

Cette épaisseur moyenne de 7 mètres sur le profil 3 des sondages a été reconnue par l'exploitation subséquente. Mais, si l'on se reporte à l'ouest, on constate une réduction très accusée et, finalement, la disparition de l'asphalte dans la partie relevée vers le nord, entre la mine des Grands-Champs et celle de la Presta. Elle reparait de nouveau à l'ouest, ainsi qu'on vient de le reconnaître dans la nouvelle exploitation de la Prise-Meuron.

*Caractères pétrographiques.* L'expression de « pierre calcaire grenue, » employée par L. de Buch est, plus que tout autre, applicable au calcaire urgonien, qu'il soit ou non imprégné de bitume. Ce sont bien, en effet, des grains de calcaire qui constituent la roche, des grains agglutinés plutôt que cimentés, au milieu desquels apparaissent une multitude de lames ou lamelles, très brillantes lorsque la lumière est vive. Ces lames de calcite ne disparaissent nullement par le broyage et semblent même plus abondantes dans la roche en poudre. J'ai longtemps considéré ces lames comme provenant de la décomposition du test des échinides, réduit en fragments. Un exa-

men plus attentif m'a convaincu que ce sont bien en réalité de petits cristaux de carbonate de chaux ou calcite, qui ne sont jamais pénétrés par le bitume.

Outre les lames et les grains calcaires très fins, la roche renferme des débris plus grossiers de formes variées, dans lesquels il est aisé de reconnaître des fragments de fossiles. Mais c'est seulement sur la roche exposée à l'air pendant un certain temps qu'on voit apparaître ceux-ci, sous forme de rugosités plus ou moins saillantes. La roche elle-même est alors gris blanchâtre, et nullement blanche comme celle qui n'a pas été imprégnée de bitume.

Parmi les substances minérales qui se trouvent mélangées à la roche, il faut signaler le gypse, qui tapisse certaines fissures traversant l'asphalte et les marnes aptiennes.

Nous avons vu que M. l'ingénieur Knab avait signalé une grande abondance de coquilles de caprotines dans l'urgonien ; il attribuait la formation du bitume à la décomposition de ces mollusques. Je n'ai rien à objecter à cette supposition, qui est très admissible. Toutefois, il est assez remarquable que nous ne trouvions jamais de ces coquilles dans le banc d'asphalte, et surtout dans le *bon banc*. Je n'ai, pour ma part, observé les coquilles bituminisées que dans la crappe à la partie est de l'ancienne exploitation à ciel ouvert de la Presta, et, comme je viens de le dire, dans la fausse crappe, il existe aussi dans le calcaire blanc urgonien du Crêt-à-Blanc un véritable banc de caprotines, sans aucune trace de bitume.

La *couleur* de l'asphalte est d'autant plus foncée que le bitume est plus abondant. Il n'est cependant pas exact de dire qu'il est d'un noir foncé, surtout si on le compare à

la houille. La crappe présente tous les degrés, du brun foncé au brun clair. Comme teinte générale l'expression *brun chocolat* est parfaitement appropriée.

*Résumé.* Nous avons vu que l'asphalte du Val-de-Travers se présente, dans une seule assise, zone ou banc de roche calcaire friable, d'épaisseur variable, tantôt pure, saccharoïde, tantôt imprégnée de bitume en proportions variant de 2 à 12 et même 15 %. Dans un rayon local restreint, on passe de l'une à l'autre de ces variétés par transitions graduelles, en sorte qu'il serait assez difficile de tracer des lignes de démarcation quelque peu exactes.

Les sédiments eux-mêmes sont de nature variée ; des grains calcaires, des lames spathiques, des débris de fossiles triturés et broyés, et, par place, des coquilles de mollusques (caprotines), accusent la formation simultanée de la roche bitumineuse aussi bien que de celle qui ne l'est pas, du bon banc, de la crappe et du calcaire blanc.

Tous ces faits s'expliquent facilement si l'on admet l'hypothèse de la formation des couches urgoniennes dans un bassin marin, habité par une faune d'animaux mollusques et rayonnés, doués d'une prodigieuse fécondité, capables de donner lieu, par décomposition des substances organiques, à la formation d'une grande quantité de matières bitumineuses, lesquelles ont pu s'incorporer dans les sédiments marins de ce terrain. Je reviendrai du reste sur les divers phénomènes et le processus de cette bituminisation du banc d'asphalte. Il me reste d'ailleurs à parler des couches aptiennes qui sont aussi localement bitumineuses et même asphaltiques. Cette étude apportera un nouveau contingent de preuves en faveur de cette origine *organique animale* dont j'ai entrepris la justification.

#### 4. *Étude de l'aptien bitumineux.*

*Aptien de la Presta.* Le facies le plus anciennement connu de l'aptien supérieur est celui qui se présente dans la tranchée à ciel ouvert de l'ancienne mine de la Presta. C'est un calcaire grossier, plus ou moins luma-chellique, formé de débris de coquilles de tests d'oursins, de grains de calcaire et de glauconie cimentés peu fortement. Lorsque les couches ont été exposées à l'air pendant un certain temps, on voit apparaître d'une façon plus nette les fossiles, tels que : bryozoaires, radioles d'oursins, fragments d'huîtres, de brachiopodes, etc. Quelquefois ces débris manquent complètement.

En général, tous ces matériaux sont réunis par un ciment calcaire, mais il arrive aussi qu'il y ait en outre pénétration du bitume, tout comme dans le calcaire saccharoïde urgonien. La roche prend alors l'aspect de la crappe, c'est-à-dire qu'elle devient, à un faible degré, asphaltique. Nous verrons plus loin qu'elle rappelle singulièrement la roche exploitée autrefois à Saint-Aubin sous le nom d'asphalte, mais qui n'était que de la crappe.

L'*aptien chlorité*, comme j'appellerai désormais ce facies particulier, paraît n'être pas disposé en couches continues et de même épaisseur, mais former plutôt des lentilles isolées et d'une étendue limitée, superposées aux marnes de l'aptien inférieur. Le fait est que dans les nombreux sondages opérés de 1868 à 1872, il n'a été rencontré aucune couche calcaire, mais seulement des marnes, diversement colorées, de la molasse d'abord, puis de l'aptien.

L'aptien chlorité a été reconnu au Burcle près de Couvet par le creusage d'un canal. J'en ai trouvé des fragments dans les champs au-dessous des Crosats et des Lacherelles. Le bitume paraît du reste très irrégulièrement réparti dans les couches, de telle sorte qu'il peut manquer tout à fait, comme c'est le cas à la gare de Planessert, sur la rive gauche.

*Aptien des Grands-Champs.* A la nouvelle mine le banc d'asphalte affleurant immédiatement au sol fut d'abord exploité en tranchée à ciel ouvert et les travaux mirent à nu une belle coupe de l'aptien. On s'attendait à retrouver dans la partie supérieure de cette tranchée le calcaire chlorité, semblable à celui de la Presta. Il n'en fut rien ; nous trouvons ici un facies totalement différent et tel qu'on ne se douterait jamais de la proximité des deux gisements. La roche principale consiste en un calcaire dur, blanc grisâtre ou jaunâtre, ou encore passant au vert clair, ensuite de l'abondance prodigieuse des grains de glauconie. En outre, cette roche passe, à certains niveaux, à une véritable lumachelle de grosses coquilles bivalves, *Astartes*, *Cyprines*, *Corbis*, *Gervillies*, etc., solidement empâtées dans la roche. Il en est de même des espèces plus petites, et en particulier des *Térébratules* et des *Rhynchonelles*, qui abondent dans certains blocs et constituent des espèces de colonies.

A côté des grosses coquilles dont le test est plus ou moins cristallisé, il s'en présente d'autres dont le test a été résorbé, de telle sorte que la place qu'il occupait reste vide, ou bien se trouve remplie partiellement par un bitume visqueux, quelquefois assez abondant pour pouvoir être enlevé avec la pointe d'un couteau. La quantité est du reste proportionnée à la grosseur de la

coquille : ainsi, dans les Brachiopodes, elle suffit seulement à colorer en brun chocolat la roche de remplissage du test, qui n'est jamais résorbé.

Ce n'est, au reste, pas toujours le bitume qui remplit les vides, mais aussi une matière verte très clair, rappelant certains minerais de cuivre. C'est une glauconie marneuse et non plus constituée par des grains verts.

Il est assez difficile d'apprécier l'épaisseur de cette assise, maintenant que les éboulis ont recouvert la tranche des couches ; on peut toutefois l'évaluer à deux ou trois mètres.

*Résumé.* Ainsi qu'on vient de le voir, la découverte du calcaire coquillier de la Presta corrobore et confirme de la façon la plus éclatante la théorie de l'origine organique du bitume combiné avec le calcaire que nous appelons asphalte.

L'étage aptien est donc asphaltique et bitumineux au Val-de-Travers (il ne l'est nulle part ailleurs, à ma connaissance du moins). Il est vrai que son extension géographique est considérablement moins grande que celle de l'urgonien, qui lui-même est en retrait sur le néocomien moyen ou hauterivien. Nous verrons dans la troisième partie que les circonstances physiques, la configuration géographique, n'avaient toutefois pas tellement changé, entre le dépôt des couches urgoniennes et celui des couches aptiennes, que la formation du bitume et de l'asphalte fût devenue impossible. Nous verrons aussi que, sur d'autres points, le bitume s'est de nouveau formé, dans un âge beaucoup plus récent, c'est-à-dire pendant la formation des couches tertiaires moyennes, que nous désignons sous le nom de molasse.

.

### 5. Conclusion.

Le rapide examen que je viens de faire des terrains du Val-de-Travers, dans leurs rapports avec l'asphalte, m'amène aux conclusions suivantes :

1° Il n'existe dans le Val-de-Travers aucun indice d'épanchements de substances minérales qui puisse faire supposer une origine interne du bitume imprégnant le calcaire, que nous nommons asphalte;

2° Il n'existe également dans les terrains de cette région aucune trace de dépôts végétaux, houille, lignite, etc., susceptible d'être considérée comme ayant contribué à la formation du bitume. Quant au terrain carbonifère, s'il existe c'est à une profondeur et dans des conditions telles qu'aucun géologue n'admettra qu'il exerce un rôle quelconque dans ce domaine.

3° L'asphalte, en tant que matière minérale ou roche exploitable industriellement, ne peut et ne doit être recherché que dans les couches tout à fait supérieures du néocomien, soit dans l'urgonien supérieur;

4° L'asphalte doit être considéré comme un *facies*, une manière d'être exceptionnelle de l'étage urgonien. Il en est de cette substance comme de la houille, qui ne constitue que des couches d'épaisseur et d'étendue limitée, du terrain houiller ou carbonifère;

5° La présence, dans le calcaire aptien, d'un bitume de même nature que celui qui imprègne le calcaire urgonien, établit une présomption bien accusée d'une communauté d'origine des deux dépôts, ou en d'autres termes, implique l'action, à deux reprises, de phénomènes physi-



co-chimiques semblables pendant la période de formation des couches crétacées au Val-de-Travers;

6° L'affleurement de l'asphalte sur les deux versants de la vallée accuse une extension primitive bien plus grande de cette matière que ne le comporte l'état géographique actuel;

7° L'érosion et la destruction se sont exercées d'une façon beaucoup plus intense au versant nord, où le grès vert a presque totalement disparu et où les lambeaux d'asphalte et de crappe du Bois-de-Croix et des Jottes constituent les seuls vestiges de l'existence de l'asphalte sur la rive gauche de la Reuse.

8° Il n'en a pas été de même sur la rive droite de la Reuse, où l'urgonien s'est trouvé recouvert et protégé par les assises puissantes du grès vert et de la molasse, sur une largeur moyenne de 5 à 600 mètres et sur une longueur de plusieurs kilomètres.

9° L'existence bien constatée de la faille longitudinale, au versant sud du Val-de-Travers, fixe positivement la limite d'extension de l'urgonien asphaltique, et réduit à néant toute présomption de réapparition des terrains dans l'ordre normal que comporte un soulèvement régulier.

10° Enfin, il peut n'être pas sans intérêt de constater que jusqu'ici, au Val-de-Travers, l'asphalte n'a été reconnu qu'en une seule couche, et toujours à la partie supérieure de l'urgonien. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les divers gisements bitumineux et asphaltiques dont l'étude fera l'objet de la troisième section.

## II

L'asphalte et le bitume dans le Jura et en Savoie.

1. *Gisements urgoniens.*

Nous avons vu dans notre aperçu historique que, pendant un certain temps, on a semblé croire que l'asphalte ne se trouvait que dans l'étage urgonien, ce qui n'est pas exact. Cependant, il est incontestable que c'est dans ce terrain que se présentent la plupart des gisements connus et exploités dans le Jura central; il est dès lors naturel que, faisant abstraction de l'âge géologique, je fixe d'abord l'attention sur les dépôts de cet âge qui me sont actuellement connus. Nous ferons ainsi connaissance avec des facies particuliers, qui manquent au Val-de-Travers, mais dont les caractères ne laissent pas de mériter un intérêt tout particulier. Je procéderai par ordre géographique, du nord au sud d'abord, pour revenir ensuite vers le nord, en pénétrant dans les vallées du Rhône et de la Valserine, où ont été reconnus des gisements bitumineux ou asphaltiques.

*Auvernier, Bèvaix.* Du Landeron à Concise, l'urgonien forme une zone presque ininterrompue au pied du Jura. Tantôt c'est le calcaire jaunâtre à échinodermes de l'étage inférieur qui s'observe dans les tranchées et les calcaires, tantôt c'est l'étage supérieur, compact ou saccharoïde. La présence du bitume a été signalée par M. Desor dans les couches de calcaire blanc compact à

la gare d'Auvernier, et dans le village même. C'est le point le plus avancé vers le nord de l'urgonien asphaltique.

A Bevaix, j'ai découvert, l'année dernière, des indices beaucoup plus importants de l'existence du bitume et même de la roche asphaltique, dans les calcaires blancs de l'urgonien supérieur. La roche, exploitée dans une carrière au nord du village, présente un aspect caverneux et bréchiforme tout particulier; elle est criblée de trous et de perforations irrégulières qui lui donnent un aspect tufacé. Tandis que, dans son ensemble, le calcaire est dur et compact, il devient, par places, terreux et plus ou moins coloré en brun par la présence du bitume; il suffit d'examiner d'un peu près ces vacuoles pour constater qu'elle représentent la partie intérieure de certains fossiles, tels que des caprotines et autres mollusques, ainsi que des polypiers. Chez ces derniers, la partie solide et calcaire a été dissoute, tout en laissant une empreinte très nette et déterminable des calices rayonnés, constituant les colonies d'individus agglomérés. Le facies est donc assez semblable à celui que nous avons observé dans l'aptien et dans la partie supérieure des bancs d'asphalte de Travers; seulement la roche est ici absolument blanche, dépourvue de grains glauconieux, en sorte que le bitume ressort nettement par sa couleur plus ou moins brune.

Ce n'est pas tout. A la partie inférieure de la carrière, la roche présente une disposition plus régulièrement stratifiée, en couches plongeant vers le lac; l'une des couches, moins caverneuse, plus homogène quoique tendre, n'est autre chose qu'un banc d'asphalte maigre, tout à fait semblable à la crappe du Val-de-Travers. D'abord peu puissante, elle augmente d'épaisseur en s'enfonçant sous le calcaire blanc, recouvert lui-même par

les dépôts erratiques, en sorte qu'il ne peut être question, pour le moment, de reconnaître si, en profondeur, la crappe passe à l'asphalte de bonne qualité. Nous verrons plus loin que l'asphalte de la vallée du Rhône se présente dans des conditions assez semblables.

*Saint-Aubin.* L'asphalte de Saint-Aubin est connu dès longtemps. Le gisement a fait l'objet d'une concession et d'une exploitation temporaire de peu de durée. Je l'ai visité à diverses reprises, mais toujours j'ai constaté que la roche de bonne qualité fait défaut; ici encore on ne trouve que la crappe en plusieurs couches, séparées par des bancs stériles.

Mais ce qui est particulièrement intéressant, c'est qu'ici le bitume imprègne l'urgonien inférieur, le calcaire jaune à échinodermes, et non comme partout ailleurs le calcaire à caprotines.

L'exploitation de Saint-Aubin portait sur trois couches de calcaire bitumineux, d'une richesse moyenne de 3%. Leur épaisseur réunie était de deux à trois mètres. Au-dessous, venaient quelques couches sans asphalte, puis de nouveau une seconde et une troisième zone asphaltique, d'environ un mètre, avec une teneur en bitume de 0,75% seulement.

Les couches supérieures, inclinées à peu près comme le sol, se retrouvaient sous le bâtiment de l'hôtel Pattus, ainsi que sur la grève du lac. Sur ce point, elles ont disparu par suite du dépôt de matériaux de remplissage.

*Le Mormont, Mont-Mouret* près Divonne, *Villeneuve* près Thoiry. De Saint-Aubin, il faut se transporter jusqu'au Mauremont, près de La Sarraz, pour retrouver des indices de l'existence du bitume dans l'urgonien. A mesure qu'on avance vers le sud, la structure de ce terrain devient de

plus en plus compacte; le facies saccharoïde disparaît déjà aux carrières de la Raisse, près de Concise, aussi n'est-ce point l'asphalte que nous pouvons nous attendre à rencontrer, mais bien le bitume pur, un *malthe*, en quantité peu considérable d'ailleurs. C'est sous cette forme qu'on l'a rencontré au milieu des bancs de calcaire massif qui constituent la colline du Mauremont, près de La Sarraz, sorte de promontoire avancé de bordure crétacique du Jura dans les puissants dépôts de la molasse.

Ce n'est pas positivement dans des fissures ou des crevasses, comme celles que remplit le terrain sidérolitique, qu'on découvre ce bitume, mais plutôt dans des cavités ou poches tapissées de carbonate de chaux, en plein banc calcaire. Ici encore, le bitume a été emmagasiné, renfermé dans la roche au moment de sa formation, et n'a pu y pénétrer postérieurement. Il arrive même qu'au moment où on brise la roche, une partie du bitume plus liquide, semblable au pétrole, s'épanche à l'extérieur, en sorte qu'on ne peut recueillir que le résidu solide<sup>1</sup>.

Au sud de La Sarraz, l'urgonien disparaît rapidement sous un épais manteau de glaciaire; ce n'est qu'au sud de Divonne qu'on voit reparaître les trois étages du néocomien, formant un promontoire qu'on appelle le Mont-Mouret ou Mont-Mussy. M. H. Schardt m'annonce avoir découvert, dans une carrière, un banc de quelques mètres d'épaisseur de calcaire urgonien blanc saccharoïde, im-

<sup>1</sup> L'asphalte vrai a été exploité non loin du Mauremont, d'après ce que je lis dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1829. « M. le professeur Gilliéron a communiqué les observations qu'il a faites sur les couches de pierre à chaux, fortement inclinées du sud-est au nord-ouest, dans les environs de Goumoëns, et sur l'asphalte qu'on y a exploité jadis. »

prégné par places d'asphalte, en proportions assez faibles. Il y aurait là quelque chose d'analogue au gisement de Bevaix.

Plus au sud encore, la bande crétacée disparaît de nouveau, pour reparaitre bientôt à Crozet, Villeneuve, Thoiry et Allemogne, où de grandes carrières sont ouvertes dans l'urgonien compact. Ici encore, M. Schardt me dit avoir découvert des crevasses remplies d'une argile verdâtre ainsi que d'un bitume visqueux très abondant, qui s'écoule en longues traînées lorsqu'on exploite la roche.

*Mussière, Frangy.* La chaîne du Crêdo, au sud du Fort l'Écluse s'infléchit à l'est, et semble vouloir relier le Jura aux Alpes de la Haute-Savoie par le chaînon du Vuache, lequel cependant disparaît sous la molasse aux environs de Frangy et de Mussière, sur la rivière des Ussets. Là encore, l'urgonien est puissamment développé et, toujours d'après M. Schardt, on retrouve de l'asphalte. « C'est, me dit-il, d'abord un calcaire bréchiforme, puis poreux et injecté d'asphalte, qui se présente sur le sentier qui conduit de Malpas au village de Mussière. Le prolongement de cette assise se remarque également sur le plateau de Mussière, et on l'exploite sur plusieurs points au Pont des Douattes, au sud de ce village.

*Loagny, Bourbonge, Chacaroche.* Les gorges du Fier, remarquables par leur caractère sauvage et pittoresque sont creusées au milieu d'un puissant massif de calcaire urgonien compact, surmonté lui-même par les couches saccharoïdes blanches et friables. C'est dans cette assise que sont ouvertes, sur trois points, des exploitations d'asphalte. Il existe dans deux bancs de 4 à 5 mètres d'épaisseur, séparés par la roche blanche. L'étendue de

ces bancs est très limitée, à peine une cinquantaine de mètres. L'asphalte, de qualité moyenne dans le milieu des bancs, passe peu à peu, en hauteur et en largeur, à la crappe très maigre, puis à la roche blanche. Lorsque j'ai visité les carrières l'année dernière, l'exploitation sur la rive droite du Fier, sous le village de Lovagny, était suspendue, probablement pour cause d'épuisement. Ce gisement est rendu très intéressant par le suintement du bitume sur les parois et au plafond des galeries. Celui-ci est constitué pas un dépôt de graviers quaternaires qui se sont écroulés dans les galeries, en sorte qu'on voit maintenant les matériaux cimentés et agglomérés par un dépôt de bitume pur très abondant.

*Pyrimont, Volant, Challonges.* Sous le nom de mines d'asphalte de Seyssel, on a désigné jusqu'ici divers gisements aux environs de Pyrimont, dans la vallée du Rhône, à 6 kilomètres au nord de Seyssel, où se trouvent les usines pour la préparation du mastic d'asphalte. Je dirai rapidement quelques mots des gisements que j'ai eu l'occasion de visiter en 1872.

La mine de Pyrimont paraît être depuis longtemps épuisée. Elle était située au sommet d'une colline, sur la rive droite du Rhône. Il existait deux couches, dont l'une, superficielle, était exploitée en carrière et séparée de l'autre par une assise stérile, sans bitume. Ici encore, grande irrégularité dans le dosage, qui ne dépassait pas 8 %, ainsi que dans la nature de la roche, tantôt à grain fin, tantôt à gros grain cristallin.

Le gisement de Challonges, indiqué par M. Malo sous le nom de Volant-Perrette, est situé sur la rive gauche du Rhône, en face de Pyrimont, au flanc d'une paroi escarpée de l'urgonien, d'une grande hauteur. Il m'a été

dit que l'on comptait sept couches d'asphalte, superposées et séparées par le calcaire blanc sans bitume; mais à mon point de vue ce sont plutôt des lentilles de 50 à 100 mètres d'étendue, finissant en coin et s'emboîtant les unes dans les autres.

Du reste, c'est toujours à peu près la même chose qu'à Pyrimont, Lovagny, Mussiège. Tout au plus peut-on admettre que, dans certaines galeries, le dosage du bitume atteint 10 %.

La couche supérieure présente aussi un certain intérêt, à cause de la pénétration du banc d'asphalte par des crevasses remplies de marne verte, que je considérerais précédemment comme un détritit des molasses bitumineuses qui constituent le sommet de la colline. Il se pourrait après tout que ces marnes se rattachassent au terrain sidérolitique, car on les trouve associées aux bolus des crevasses sur divers points au mont de Chamblon, au Mauremont, etc.

Il n'est pas rare d'observer des traces de remaniements des roches pendant leur formation, c'est-à-dire des morceaux de calcaire blanc pur, intercalés dans l'asphalte, ou bien des fragments d'asphalte dans le calcaire blanc. Ce sont tout autant d'indices de changements répétés pendant la phase de formation de ces terrains.

*Bellegarde.* La vallée du Rhône à Bellegarde est remarquable par le développement et la puissance de l'urgonien, qui se présente sous trois facies distincts, savoir : à la partie supérieure le calcaire à Ptérocères, roux jaunâtre, puis au-dessous, le calcaire gris dur, en deux assises, séparées par le calcaire blanc friable.

En 1872, sur le chemin qui conduit à la Perte du Rhône, j'ai constaté l'existence de nombreuses fissures dans le



calcaire dur, remplies de bitume visqueux à une chaleur modérée, solide et cassant au froid. J'ai de même recueilli dans les calcaires blancs friables divers fossiles (*Inocerames*), dont le test, en partie résorbé et spathisé, était remplacé par du bitume, colorant la roche en brun-chocolat, comme à Bevaix.

*Forrens près Chézery.* L'existence de l'asphalte a été signalée dans la vallée de la Valserine, au nord de Bellegarde, entre autres à Lelex, mais je n'ai pas d'indication sur ce gisement. En revanche, j'ai obtenu de M. H. Schardt divers renseignements sur celui de Chézery, qui se trouve un peu plus au sud, vers Bellegarde. On exploite là un calcaire crayeux friable assez puissant, mais inégalement imprégné de bitume. Certaines parties, d'une blancheur éclatante, en sont entièrement privées. On trouve aussi dans la roche bitumineuse des fragments plus compacts non imprégnés. Des fissures traversant la roche renferment parfois une argile verdâtre, qui accompagne souvent le sidérolitique, comme au Chamblon et au Mauremont.

*Urgonien non asphaltique.* Je n'ai jusqu'ici recueilli aucun indice de la présence du bitume ou de l'asphalte dans l'urgonien des vallées intérieures du Jura autres que le Val-de-Travers et la vallée du Rhône. Ce terrain est pourtant largement développé dans le Val d'Auberson, dans ceux de Nozeroy, de Monthé et de Saint-Point. Il semble dès lors que les gisements bitumineux soient circonscrits au pourtour du chaînon oriental, où ils forment deux groupes, celui du nord avec les gisements du Val-de-Travers et de Saint-Aubin comme centres de formation, et celui du sud avec Pylimont, Mussiège et Chavaroche. Je me borne pour le moment à signaler le fait, me proposant d'y revenir dans la troisième partie de ce travail.

On sait que l'urgonien atteint une très grande puissance dans le grand massif des Alpes du Faucigny. M. Maillard, qui a étudié très soigneusement cette région, me dit n'avoir découvert nulle trace quelconque de bitume. Même au Salève, où l'urgonien forme le couronnement de la montagne, on n'a signalé jusqu'ici aucune trace de bitume ou d'asphalte.

*Résumé.* Si la manière d'être, le facies général de l'asphalte urgonien au Val-de-Travers pouvait laisser quelques doutes sur les conditions d'origine et de formation de cette substance, il n'en est plus de même lorsqu'on tient compte des circonstances variées que présentent les gisements que je viens de signaler. Nous avons vu en effet que, de l'asphalte proprement dit, on passe aux calcaires subcompacts, inégalement pénétrés par le bitume, puis absolument compacts, renfermant des cavités géodiques dans lesquelles le bitume se maintient absolument isolé de la roche encaissante. Il me paraît aussi impossible de concevoir la pénétration subséquente du bitume dans le calcaire caverneux de Bevaix que dans la roche compacte du Mauremont, de Villeneuve, de Bellegarde, etc. Cette substance est contemporaine de la formation des couches ; elle a été englobée, enfermée dans la roche en voie de formation, de façon à y rester indéfiniment, c'est-à-dire jusqu'au moment où, par une cause quelconque, il s'est produit une communication avec l'extérieur. C'est ce que nous montre avec la plus grande évidence le gisement de Lovagny, où, par suite de l'inégalité d'imprégnation de la roche, le bitume, dégagé des parois, tend à se déplacer, à constituer de nouveau des amas, purs de tout mélange avec des roches étrangères.

## 2. Gisements jurassiques.

*Vallorbes.* La présence de l'asphalte aux Époisats, sur la route de Vallorbes à la Vallée de Joux, est connue depuis la fin du siècle dernier. Un nommé Glardon exploitait cette substance pour la fabrication d'un ciment ou mastic qui jouissait d'une certaine réputation.

En 1872, une société entreprit le creusage de galeries et de puits, en vue de l'exploitation. Appelé à étudier le gisement, je reconnus bientôt les faits suivants :

L'asphalte proprement dit est une espèce de brèche de graviers calcaires, cimentés par le bitume, remplissant une fissure du calcaire oolithique inférieur. Cette fissure verticale, orientée sud-nord, correspond exactement à un axe de dislocation qui affecte tous les chaînons du Jura, au sud et au nord de Pontarlier. On pourrait, au premier abord, voir dans cette disposition une preuve de l'origine interne et profonde du bitume qui cimente la roche calcaire. J'ai pu me convaincre qu'il n'en est rien, en rencontrant, dans les galeries creusées à travers les couches verticales de calcaires marneux du bathonien, des fissures remplies de bitume noir et luisant, visqueux, se ramollissant avec une faible élévation de la température. Les parois des fissures sont tapissées de cristaux de carbonate de chaux, mais ceux-ci, non plus que la roche, ne sont jamais pénétrés par le bitume. Il est pour moi incontestable que c'est latéralement que le bitume, sortant de la roche calcaire à ciment, a envahi la fissure remplie de matériaux calcaires et en a cimenté les éléments. J'ajouterai que le filon ne présente qu'une étendue très restreinte, soit une longueur d'une centaine de mètres. Large

de deux ou trois mètres à la surface, il disparaît en profondeur et ne présente aucune chance favorable d'exploitation.

*Noiraigne.* Dans les carrières ouvertes au Furcil, près de Noiraigne, au milieu de couches d'âge géologique semblable, c'est-à-dire bathoniennes, on retrouve également des filons croiseurs des couches, tapissés de carbonate de chaux et remplies de bitume, que la chaleur solaire fait suinter à l'extérieur en été. D'autres cavités, moins étendues, sans cristaux, laissent également écouler, au moment de l'exploitation, un bitume plus abondant et tout à fait semblable à celui de Vallorbes. Enfin, on trouve encore cette substance dans les fissures de grandes Ammonites.

*Autres gisements.* Dans une tranchée de la nouvelle route de la Brévine à Convet j'ai observé des fissures du calcaire spongilien renfermant un bitume peu abondant, mais très liquide, presque pétrolifère. Ici encore, la roche est absolument impénétrable au bitume.

Il en est de même à deux ou trois kilomètres à l'est, au Chable, où la tradition indiquait une mine d'asphalte ; j'y ai trouvé le bitume dans les mêmes conditions de gisement et les mêmes couches géologiques.

J'ai aussi trouvé de ce bitume dans le calcaire ptérocérien des Pargots, près des Brenets.

On a encore signalé la présence du bitume dans le calcaire compact du ptérocérien des carrières de Soleure.

### 3. *Gisements molassiques.*

*Mathod, Chavornay, Orbe.* Le terrain tertiaire du pied du Jura, à Saint-Blaise, à Boudry, ainsi que dans la zone qui s'étend de Concise vers le sud, jusqu'au Fort l'Écluse,

est un complexe de couches de marnes sableuses rouges ou violacées, de grès molassiques et enfin de calcaire lacustre, appartenant à l'étage aquitanien. Ce calcaire lacustre, aussi appelé *calcaire fétide*, à cause de l'odeur qu'il répand au choc du marteau, est généralement désigné à tort sous le nom de *calcaire bitumineux*. Je dis à tort, car en réalité je n'y ai jamais observé de bitume, tandis que cette substance imprègne plus ou moins fortement certaines couches de molasse, en sorte que les gisements ont pu être confondus par divers auteurs avec les gisements asphaltiques.

Un examen tant soit peu sérieux permet de reconnaître que ce n'est point un bitume solide qui peut être extrait de cette molasse, mais bien une substance plus ou moins fluide, c'est-à-dire du pétrole. Les gisements connus à ce jour sont ceux de Mathod, Orbe, Chavornay, Dardagny, etc. Voici à ce sujet quelques notes.

Le gisement de Mathod, que je n'ai jamais eu l'occasion de visiter, est signalé en ces termes par M. S. Chavannes, dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles :

« On retrouve la molasse rouge près de Mathod où l'on a exploité dans le temps une couche de grès bitumineux. »

En juillet 1872, je visitai le ravin du Talent, au sud de Chavornay, afin d'observer le gisement bitumineux signalé dès longtemps. Voici ce que j'observai :

La molasse imprégnée de bitume constitue un banc de 1 mètre d'épaisseur, horizontal, dans le lit de la rivière. Ce banc est intercalé dans le milieu d'une série de couches de molasse marneuse, rouge violacée. Le bitume est peu abondant, mais on conçoit facilement comment

il se fait que, dans les jours chauds de l'été, il soit entraîné en gouttelettes par l'eau courante.

Je visitai également le gisement du Chalet, à l'ouest du ravin escarpé de l'Orbe. Là, le bitume imprègne une molasse moins homogène, traversée par des filons de marne bigarrée et par des couches de molasse plus dure; l'odeur de pétrole est très caractéristique.

*Dardagny, Satigny.* Les gisements bitumineux du canton de Genève ont été pendant quelques années, de 1872 à 1880, l'objet de recherches assez importantes, en vue d'une exploitation industrielle. Je les ai visités moi-même en 1872; à cette époque déjà, le gisement le plus ancien, indiqué dans la carte fédérale sous le nom de *Mine de goudron*, était abandonné et les travaux de recherches portés un peu plus au nord vers Roulevaz, petit ruisseau au nord de Dardagny. Dans un puits, récemment creusé, je constatai les grandes irrégularités d'imprégnation et l'extrême variété de nature de la molasse. Plus tard, en 1880, les travaux ayant été poursuivis, mon ami M. Schardt eut l'occasion de les visiter et m'écrivait ce qui suit :

« Le banc de bitume lui-même est une molasse friable, micacée, composée de matériaux plus ou moins fins : elle est brune ou noire, suivant la quantité de bitume qu'elle renferme; elle est grise et dure lorsqu'elle n'en renferme pas.

« La puissance du banc est de 18 mètres en moyenne; il paraît imprégné de bitume dans toute son épaisseur, mais d'une manière très inégale, de telle sorte qu'on trouve, sur un espace de quelques mètres carrés, des places tellement riches que le bitume suinte de la roche à l'état semi-liquide, surtout lorsqu'elle est exposée au

soleil, tandis que quelques centimètres plus loin, la roche en est dépourvue. Cette molasse est suivie d'une série innombrable de couches marneuses, rouges, violacées, sans fossiles et sans bitume, lequel ne se trouve que dans le banc de 18 mètres. Ce n'est pas précisément de l'asphalte, mais plutôt une espèce de goudron, dont l'odeur est semblable à celle du pétrole brut, etc. »

*Volant-Perrette.* Le gisement asphaltique de Pyrimont (*montagne brûlante*), fut d'abord reconnu et concédé en vue de l'exploitation du bitume ou *graisse*, contenu dans la molasse verte, superposée au calcaire urgonien asphaltique. Pendant un certain temps, on exploita simultanément les deux assises, le bitume de distillation de la molasse servant à enrichir l'asphalte destiné à la fabrication du mastic. Depuis une trentaine d'années on a renoncé à l'exploitation du bitume molassique.

J'ai visité en 1872 le gisement de Volant-Perrette sur la rive gauche du Rhône. La molasse bitumineuse est immédiatement superposée à l'urgonien. Les couches, de nature et d'épaisseur variées, passent du grès fin et homogène au grès grossier et au conglomérat bréchiforme. La stratification est très irrégulière, les couches finissent en coin, comme dans les dépôts diluviens et quaternaires. Le bitume se présente dans les couches tendres, marno-sableuses, aussi bien que dans les poudingues. Ceux-ci sont formés d'éléments calcaires qui, quoique enveloppés de bitume noir, très abondant, ne sont absolument pas pénétrés et restent parfaitement blancs. La roche présente, du reste, la plus singulière ressemblance avec l'asphalte du terrain jurassique inférieur des Époisats, près Val-lorbes.

J'ai recueilli dans la molasse sableuse des moules in-

térieurs de mollusques bivalves, probablement des *Unios*, imprégnés de bitume.

*Vallée de la Valserine.* Le grès bitumineux a été retrouvé par M. Schardt au nord de Pyrimont, dans le vallon ou combe de la Mantière au pied occidental du Grand-Crédo. Là encore, c'est une molasse imprégnée de bitume, semblable à celle de Dardagny, et qui paraît avoir aussi donné lieu à des tentatives d'exploitation.

*Le bitume et le pétrole à Lobsann et Pechelbronn.* La molasse bitumineuse n'étant plus exploitée dans les localités donc je viens de parler, il s'ensuit que nos données sur la manière d'être du bitume dans les couches sont très incomplètes. Il n'en est pas de même à Lobsann et Pechelbronn, dans le Bas-Rhin, où l'exploitation a permis à M. Daubrée de reconnaître nombre de faits intéressants que je vais résumer ici<sup>1</sup>.

A Pechelbronn, le pétrole se présente dans des sables et grès bitumineux de même nature et de même âge que ceux que je viens de signaler. Les *amas* bitumineux appelés *veines*, ont de 0<sup>m</sup>,80 à 2<sup>m</sup>; vers les bords, leur épaisseur diminue de façon à ce que la section de l'un de ces amas est lenticulaire. L'eau d'une source amène à la surface un bitume vierge, plus fluide que celui que l'on extrait du sable par distillation. Certaines veines de sable exhalent de l'hydrogène protocarboné avec une abondance capable de produire des inflammations dans les travaux.

<sup>1</sup> *Mémoire sur le gisement du bitume, du lignite et du sel dans le terrain tertiaire aux environs de Pechelbronn et de Lobsann.* Paris, 1850. Depuis quelques années, des sondages ont fait jaillir le pétrole à la manière des puits de la Pensylvanie. Certains puits fournissent par jour jusqu'à 1000 litres et plus.



A Lobsann, on a aussi exploité le sable bitumineux, mais il renfermait rarement au delà de 4 % de bitume. Celui-ci s'éloigne beaucoup plus de l'état fluide que celui de Pechelbronn et appartient à la variété qu'on appelle *malthe*.

Le bitume existe aussi et est exploité dans des bancs de calcaire d'eau douce saccharoïde, subordonnés à de minces couches de lignite. La proportion du bitume mêlé au calcaire s'élève à 10, 12 et même jusqu'à 18 %. C'est, en un mot, de l'asphalte.

Le mode d'imprégnation du calcaire et du sable diffère considérablement. Il n'est pas possible, même à l'eau bouillante, d'extraire le bitume du calcaire. Ces couches renferment assez abondamment des fossiles, coquilles terrestres, planorbes, paludines, empreintes de feuilles, lignite, succin.

Des couches de sable bitumineux se retrouvent aussi dans le Haut-Rhin, près de Hirtzbach, dans le terrain tertiaire.

A Soultz-sous-Forêts, de l'eau salée sort des couches mêmes qui contiennent le sable bitumineux. Tout porte à croire que ces eaux empruntent leur salure aux couches tertiaires.

Ainsi qu'on le voit, ici encore il y a une grande différence dans le mode d'imprégnation et la nature du bitume, suivant qu'on l'observe dans le grès sableux ou dans le calcaire.

(A suivre.)

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## ASTRONOMIE

N.-C. DUNÉR. SUR LA ROTATION DU SOLEIL. (*Astron. Nachrichten*, vol. 124, p. 267.)

M. Dunér a fait durant les trois derniers étés des recherches sur la rotation du soleil au moyen d'un spectroscopé à réseaux de diffraction de Rowland adapté au réfracteur de l'observatoire de Lund. Ce spectroscopé a une puissance de dispersion considérable et permet de déterminer avec une grande exactitude la différence de longueur d'onde de raies très voisines du spectre solaire.

M. Dunér s'en est servi pour mesurer les déplacements des raies spectrales en comparant les spectres des deux bords opposés du soleil à une même latitude héliocentrique. Par cette mesure on obtient la vitesse avec laquelle les points du bord s'approchent ou s'éloignent de la terre par le fait de la rotation même du soleil.

Les mesures de la vitesse obtenues par M. Dunér donnent pour la durée de la rotation du soleil, calculée pour différentes latitudes héliocentriques, les valeurs suivantes :

Latitude	0° (équateur solaire)	25.46	jours moyens.
•	30°	27.57	•
•	60°	33.90	•
•	75°	38.54	•

On savait déjà par l'observation des taches du soleil que

les portions de la surface voisines de l'équateur avaient un mouvement de rotation plus rapide que les régions situées sous une latitude plus élevée. Mais on n'observe des taches que très exceptionnellement au delà de  $35^{\circ}$  de latitude et les résultats obtenus par M. Dunér, d'après une méthode tout à fait indépendante, confirment brillamment ce fait extraordinaire, en l'étendant aux parallèles rapprochés des pôles pour lesquels on ne possédait aucune donnée.

R. G.

G.-V. SCHIAPARELLI. CONSIDERAZIONI SUL MOTO ROTATORIO DEL PIANETA VENERE. ROTATION DE LA PLANÈTE VÉNUS. (*Comptes rendus de l'Institut royal lombard*, 2<sup>me</sup> série, vol. XXIII.)

La rotation de la planète Vénus est une des questions les plus incertaines et les plus contestées en astronomie. La surface de la planète présente rarement des taches, et celles que l'on voit sont généralement très indécises. M. Schiaparelli, en reprenant ce sujet et en en faisant l'objet de ses recherches et de ses observations, a tenu à réunir tous les documents historiques et à les soumettre à une critique scientifique.

C'est Dominique Cassini qui a le premier observé, à Bologne, en 1667, des taches sur Vénus, mais il n'en a pas tiré de conclusions précises sur la durée de la rotation de la planète. F. Bianchini qui a étudié attentivement la planète à Rome en 1726 et 1727 a déduit de ses observations de taches une rotation de plus de 24 jours. Ce résultat a été l'objet des critiques de Jacques Cassini qui, en se fondant sur les observations faites par son père, a trouvé une durée de rotation de moins de 24 h. (23 h. 20 m.).

A la fin du XVIII<sup>me</sup> siècle, W. Herschel (1777) observa quelques faibles taches sur le disque de Vénus, mais tellement indécises et inconstantes qu'il n'en put rien tirer. Schrœter, à Lilienthal, déduisit de ses observations (1779-1792) de la planète, appliquées spécialement à la forme tronquée des extrémités des cornes, une confirmation de la rotation trouvée par Cassini. Enfin dans notre siècle, en 1839,

le P. De Vico reprit la question, et de ses observations faites à Rome au Collège Romain et d'une soi-disant revision de celles de Bianchini il crut pouvoir conclure à une durée de rotation de 23 h. 20 m. environ, résultat conforme à celui de Cassini.

M. Schiaparelli a consacré un grand nombre de pages au résumé de tous ces travaux, et montré que beaucoup des résultats ainsi obtenus reposent sur des raisonnements spécieux. Puis il passe à l'étude des observations plus modernes.

Dans le courant de l'hiver 1877-1878, M. Schiaparelli a observé avec le réfracteur de 8 pouces de l'observatoire de Milan, durant plus d'un mois, près de la corne australe de Vénus, des taches de forme assez bien déterminée et qui se sont montrées remarquablement constantes dans leur forme et dans leur position. Ces observations sont confirmées par quelques constatations analogues faites à la même époque par M. Holden à Washington, M. Niesten à Bruxelles et M. Trouvelot à Cambridge (Massachusetts).

Des observations de taches semblables avaient été faites par Gruithuisen à Monaco en 1813 et 1814, par MM. Vogel et Lohse à Bothkamp en 1871 et enfin par M. Denning en 1881. En utilisant toutes ces observations, M. Schiaparelli a cherché quelles conclusions probables elles pouvaient fournir pour la durée de rotation de la planète. Il faut naturellement admettre pour cela, comme on l'admet pour le Soleil et pour Jupiter, que ces taches, assez peu nettes et résultant probablement de phénomènes atmosphériques, peuvent être utilisées pour la recherche de la rotation du corps même de la planète.

M. Schiaparelli a d'abord tenté de représenter ces observations au moyen des éléments trouvés pour la rotation par De Vico et par Bianchini. Aucune des deux rotations de 23 h. 20 m. et 24 j.  $\frac{1}{3}$  ne pouvait y satisfaire, pas plus que les valeurs assez faibles trouvées par ces deux observateurs pour l'inclinaison de l'axe de rotation sur le plan de l'orbite.

La grande constance de position des taches observées par M. Schiaparelli en 1877-1878, constance manifestée non seulement durant plusieurs jours et semaines, mais encore à diverses heures du jour, amène le savant directeur de l'ob-

servatoire de Milan à quelques conclusions dont voici les plus importantes :

1° La rotation de Vénus est très lente et se fait de telle façon que la position des taches par rapport au cercle de séparation de l'ombre et de la lumière ne subit pas de variation appréciable pendant l'espace d'un mois.

2° Du petit nombre d'observations de taches bien définies que l'on a pu recueillir, on obtient, comme résultat le plus probable, que la rotation a une durée égale à la révolution sidérale de la planète, soit 224.70 jours et a lieu autour d'un axe à peu près perpendiculaire au plan de l'orbite.

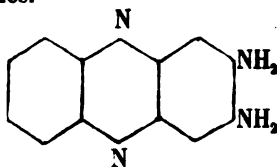
3° Les vrais éléments du mouvement de rotation peuvent différer un peu de ces indications. Les observations seraient encore représentées avec une approximation suffisante par des périodes de 6 mois ou de 9 mois, mais la probabilité est pour la période de 224.70 jours. La déviation possible de l'axe de rotation d'avec la perpendiculaire à l'orbite peut aller à 10° ou 15°.

R. G.

## CHIMIE

R. NIETZKI. FORMATION D'AZINES AU MOYEN DES DIAMINES ET DES POLYAMINES. (*Berichte*, XXII, p. 3039, Bâle.)

Le tétramidobenzol et le triamidobenzol asymétrique se condensent sous l'action de l'oxygène de l'air respectivement en tétramido- et triamidophénazine; deux ou un groupe amido sont donc éliminés, et la condensation se fait de telle sorte, que deux groupes o. amido se placent dans la position para relativement aux autres groupes amido de la seconde molécule; si la position est déjà occupée, deux ou un groupe amido sont éliminés.



Heinrich GOLDSCHMIDT. SUR LES OXIMES. (*Berichte*, XXII, p. 3101, Zurich.)

Les combinaisons oxyimidées se combinent facilement en dissolution dans le benzol avec l'isocyanate de phényle, en donnant des éthers de l'acide phénylcarbaminique. Ainsi, par exemple :



Goldschmidt a étudié, avec W. Schulthess, l'action de l'isocyanate de phényle sur l'aldoxime, l'acétoxime et homologues supérieurs, et, avec Julius Strauss, son action sur la chinnéoxime et les isonitrosocétone; de nombreux dérivés ont été étudiés. L'isocyanate de phényle est un bon agent pour découvrir des différences de constitution, parce que la présence de l'eau peut être évitée, aussi Goldschmidt a-t-il encore étudié son action sur les isomères de la benzaldoxime et sur les oximes du benzil.

IRA MOORE. PRODUITS DE CONDENSATION DES CARBODIIMIDES AROMATIQUES AVEC LES ORTHODIAMINES. (*Berichte*, XXII, p. 3186, Zurich.)

L'auteur a préparé divers dérivés de la diphenylamidométhylène-o-phénylènediamine et de la di-p-tolylamidométhylène-o-phénylènediamine<sup>1</sup>; les plus intéressants sont les tétradérivés (tétramines) qui, chauffés de nouveau avec de la carbodiphénylimide à 200°, donnent de nouvelles bases (hexamines), dont divers dérivés ont aussi été préparés; la constitution de ces hexamines n'est pas encore établie, cependant I. Moore propose pour le dérivé tétraphénylé la formule suivante :



<sup>1</sup> *Archives*, XXIII, p. 267.

G. LUNGE. NOUVEL APPAREIL POUR MESURER LES GAZ. (*Bericite*, XXIII, p. 440, Zurich.)

Cet appareil permet de se passer des tables de réduction barométrique et thermométrique, non seulement dans l'analyse des gaz, mais aussi dans les analyses volumétriques de corps solides ou liquides; il consiste en trois tubes ou réservoirs communiquant les uns avec les autres par des tubes en caoutchouc et remplis partiellement de mercure formant obturation et permettant par leur élévation relative d'obtenir des variations de pression; l'un de ces tubes, gradué, sert à recueillir le gaz à mesurer, le second renferme un volume d'air humide connu correspondant exactement à 100 cc. ou 50 cc. d'air à 0° et 760 mm. de pression, ce qui a été établi une fois pour toutes par les méthodes ordinaires, le troisième tube sert à ramener par la pression du mercure le volume du gaz du second tube à une marque établie une fois pour toutes. On voit que le mercure étant à la même hauteur dans les deux premiers tubes, les gaz y seront ramenés à la même pression comparable, et la réduction du volume de gaz en expérience se fait sans l'aide de tables; il n'y a à effectuer par le calcul que la réduction du volume en poids, et encore pourrait-on se servir pour le dosage de l'azote d'un tube gradué, non pas en centimètres, mais en divisions égales à 0,798 cm., dont chacune représente en poids 1 mg. d'azote.

Les dosages du chlorure de chaux par le peroxyde d'hydrogène se font très rapidement au moyen de cet appareil, il faut seulement avoir soin d'employer  $H_2O_2$  au titre maximum de 2 % et qu'il soit légèrement alcalinisé, de même pour l'analyse industrielle des peroxydes de manganèse et le titrage de solutions de permanganate de potasse, dans ce dernier cas,  $H_2O_2$  doit être en excès et acidifié par l'acide sulfurique. (*Zeitsch. ang. Chemie*, 1890, p. 6.)

---

**Erratum au N° de mai.**

Page 413, ligne 4, au lieu de : 0,2655,1036, lisez : 0,2655.10<sup>-36</sup>.

Page 413, ligne 13, au lieu de : 1036 molécules, lisez : 10<sup>36</sup>.

---

COMPTE RENDU DES SÉANCES  
DE LA  
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES  
A LAUSANNE

*Séance du 2 avril 1890.*

Édouard Sarasin et Lucien de la Rive. Sur la résonance multiple des ondu-  
lations électriques de Hertz. — Eug. Reuevier. Origine et âge des gypses  
et cornièules de nos Alpes. — E. Chuard, prof. Sur la précipitation du  
carbonate basique de cuivre par les carbonates alcalins.

M. Ed. SARASIN présente à la Société les principaux résul-  
tats des recherches que M. Lucien DE LA RIVE et lui ont entre-  
prises *sur les ondulations électriques*. Il fait d'abord un rapide  
exposé des travaux et des découvertes de M. Hertz, profes-  
seur à Bonn, puis insiste plus particulièrement sur les faits  
nouveaux que M. de la Rive et lui ont mis en lumière, spé-  
cialement en ce qui a trait à la résonance multiple des ondu-  
lations hertziennes<sup>1</sup>.

Ensuite des démonstrations de M. SARASIN, M. L. DE LA  
RIVE communique quelques considérations théoriques sur le  
même sujet.

<sup>1</sup> Voir pour ce travail *Archives des scienc. phys. et nat.*, 1890,  
tome XXIII, p. 113.



Ainsi que M. Hertz l'a montré, le système d'interférences de force électro-motrice le long du fil où se propage l'ondulation électrique est analogue à celui d'une onde sonore dans un tuyau ouvert. On peut donc lui appliquer la théorie des réflexions multiples aux extrémités et en effet les conséquences de ces formules connues se trouvent bien d'accord avec les résultats expérimentaux.

La résultante des états oscillatoires simultanés en un point M du fil, qui se trouve à une distance  $x$  de l'extrémité la plus éloignée du vibreur, est donnée par l'expression ordinaire d'une quantité oscillatoire, c'est-à-dire un sinus du temps et de la phase, avec un coefficient d'amplitude ou d'intensité. Celui-ci dépend d'une part de la longueur totale du fil et de l'autre de la valeur de  $x$ . Il y a maximum général lorsque la longueur  $l$  satisfait à la condition que  $l + r$  soit

un nombre entier pair de fois  $\frac{\lambda}{4}$ , en désignant par  $r$  le retard dû à la réflexion aux extrémités et par  $\lambda$  la longueur d'onde. Des maxima et des minima successifs le long du fil correspondent à des valeurs de  $x$  différant de  $\frac{\lambda}{4}$ ; le premier

nœud est à une distance  $\frac{\lambda}{4} - \frac{r}{2}$  de l'extrémité. Le rapport des intensités respectives aux ventres et aux nœuds est exprimé par  $\frac{1 + m}{1 - m}$ , en appelant  $m$  le coefficient de réflexion.

Les expériences avec le résonateur sont supposées donner la valeur de la force électro-motrice dans le plan transversal au fil au point M. C'est donc cette quantité qui est assimilée à la vitesse d'oscillation de la tranche de l'onde sonore et exprimée par les formules qu'on vient de rappeler. On trouve, comme la théorie l'indique, une succession de nœuds et de ventres équidistants; le premier nœud est à une distance de l'extrémité moindre que  $\frac{\lambda}{4}$  et cette différence, valeur de  $\frac{r}{2}$ , est à peu près  $0.1 \lambda$ . Quelques mesures de la longueur de l'étincelle permettent d'évaluer à  $\frac{3}{2}$  envi-

ron le rapport des intensités aux ventres et aux nœuds, ce qui donne pour  $m$  la valeur  $\frac{1}{5}$ . La petitesse de ce nombre explique pourquoi la variation de la longueur du fil est sans influence, contrairement à la théorie sur l'intensité générale. La variation totale de celle-ci a pour expression  $\frac{1+m^2}{1-m^2}$ , rapport égal à  $\frac{26}{24}$ , et trop voisin de l'unité pour être observé.

Puisque le résonateur est un fil où se propage une onde électrique, on peut lui appliquer les résultats qui précèdent et chercher à quelles conditions ses dimensions doivent satisfaire pour que l'étincelle y prenne la plus grande intensité. L'étincelle dépend de la différence des tensions ou densités électriques aux deux extrémités  $a$  et  $b$  qui forment les deux pôles opposés du micromètre. L'auteur admet que la tension dans la décharge oscillatoire le long d'un fil est oscillatoire avec la même période que la force électromotrice et se réfléchit sans changement de signe. Il en résulte qu'on peut lui appliquer les formules de la réflexion multiple.

La plus petite valeur pour  $l$  satisfaisant à la condition de donner un maximum général est  $\frac{\lambda}{2} - r$ . Lorsque le fil a cette longueur, les deux nœuds relatifs aux extrémités  $a$  et  $b$  coïncident, et par conséquent un minimum permanent de tension est possible; il a lieu à l'extrémité du diamètre passant par l'étincelle. En  $a$  et  $b$  les tensions sont moindres que le maximum des ventres à cause de la non-coïncidence du premier ventre avec le bout du fil, mais elles dépendent l'une de l'autre par la condition d'être égales et de signes contraires. Leur différence est donc aussi grande qu'elle peut l'être, et, puisque l'étincelle dépend de cette quantité, elle est elle-même dans les meilleures conditions possibles pour son intensité. La relation d'égalité ainsi établie théoriquement entre le demi-périmètre du cercle et la distance du premier nœud à l'extrémité est précisément celle à laquelle on a été conduit par les recherches expérimentales.

M. le prof. RENEVIER donne lecture d'un chapitre de sa *Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises*, en cours d'impression, relatif à l'origine et à l'âge de nos formations salifères et gypseuses. Il confirme l'*origine halogène*, soit par précipitation chimique par voie aqueuse dans des lacs salés ou lagunes, et l'*âge triasique* de ces terrains de nos Alpes.

M. E. CHUARD, prof., a repris l'étude de la formation des carbonates de cuivre basiques, et a constaté les faits suivants :

1° Si l'on précipite une solution de sulfate de cuivre par la quantité exactement nécessaire (molécule pour molécule) ou bien par un excès de carbonate de sodium ou de potassium, le précipité bleu, auquel on donne la formule  $\text{Cu Co}_3 \cdot \text{Cu O} \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$ , se transforme plus ou moins rapidement, à la température ordinaire, au sein même du liquide, à réaction alcaline, en un précipité vert, pulvérulent ( $\text{Cu Co}_3 \cdot \text{Cu O} \cdot \text{H}_2 \text{O}$ ),

2° Si au contraire on ne précipite que partiellement la solution de sulfate de cuivre, par le carbonate alcalin, le liquide conserve une réaction acide, soit à cause de la présence du sulfate de cuivre non précipité, soit par suite du dégagement d'acide carbonique qui accompagne la précipitation. Dans ce liquide à réaction rapide, le précipité bleu, floconneux persiste presque indéfiniment, et ne subit plus la transformation en précipité vert, pulvérulent. En outre, dans le premier cas, la transformation du carbonate bleu en carbonate vert paraît se faire avec dégagement d'une nouvelle quantité d'acide carbonique. — Il semble résulter de ces faits que les deux carbonates ne diffèrent pas seulement, comme on l'admet généralement, par une molécule d'eau. Des recherches sur la constitution de l'hydrocarbonate bleu, précipité dans le deuxième cas, sont en cours.

Une première application de ces faits réside dans la préparation du remède contre le mildew connu sous le nom de bouillie bourguignonne, mélange de sulfate de cuivre et de carbonate de sodium en proportion variable. Il est évident

qu'à l'état floconneux, gélatineux, le carbonate basique de cuivre adhérera mieux aux feuilles de vigne, que par conséquent les formules pour la bouillie bourguignonne devront prescrire une proportion de soude ou de potasse insuffisante à la précipitation totale du sulfate de cuivre employé.

# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

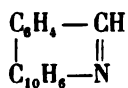
## SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

---

*Séance du 9 mai 1890.*

A. Pictet et S. Erlich. Les chrysidines. — A. Pictet et W. Béguin. Amidodiméthylquinoline. — C. Græbe et A. Curchod. Acides benzilorthocarboniques.

M. A. PICTET s'est proposé d'étendre à d'autres corps le procédé de synthèse pyrogénée qui lui a fourni la phénanthridine décrite dans la dernière séance<sup>1</sup>; il a, dans ce but, étudié d'abord, en collaboration avec M. S. ERLICH, l'action de la chaleur sur les deux benzylidène-naphtylamines isomériques que l'on obtient en chauffant à 100° l'aldéhyde benzoïque avec les naphtylamines. Lorsqu'on fait passer les vapeurs de ces corps à travers un tube chauffé au rouge, il se forme deux nouvelles bases de la formule  $C_{17}H_{11}N$ , dont la constitution est très probablement la suivante :



Ces bases, qui représentent les phénanthridines de la série du chrysène, et qui pour ce motif ont reçu les noms de  $\alpha$  et

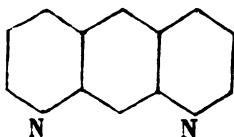
<sup>1</sup> *Archives*, XXIII, 92.

de  $\beta$ -chrysidine, montrent dans leurs propriétés les plus grandes analogies avec la phénanthridine elle-même. Elles possèdent comme elle une fluorescence bleue en solution alcoolique et forment avec les acides des sels jaunes dont les solutions aqueuses ont une fluorescence verte. La réduction au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique les convertit en bases secondaires.

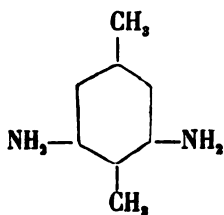
Le point de fusion de l' $\alpha$ -chrysidine est situé à  $108^\circ$ , celui de la  $\beta$ -chrysidine à  $126^\circ$ .

L'étude de ces bases est poursuivie.

M. A. PICTET parle ensuite d'un essai qu'il a fait avec M. W. BÉGUIN, dans le but d'arriver à la synthèse d'une base pyridique qui serait à l'anthracène ce que les phénanthrolines sont au phénanthrène, et qui renfermerait par conséquent le groupement d'atomes suivant :

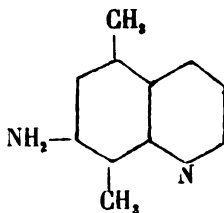


Les auteurs ont espéré atteindre ce but en traitant suivant la méthode de Skraup le p-diamido-p-xylol :



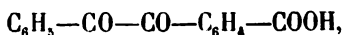
Le résultat n'a pas répondu à leur attente, en ce sens que sur les deux groupes  $\text{NH}_2$  du corps en question, un seul s'est montré susceptible de réagir avec la glycérine, bien que celle-ci fût en excès. Il ne s'est formé qu'un seul noyau pyri-

dique, et le produit de l'opération s'est trouvé être une *amidodiméthylquinoline* de la formule suivante :



Ce résultat est tout à fait conforme à celui qu'a obtenu récemment M. Markwald en prenant comme point de départ un diamido-p-xyloïl isomérique, et confirme les conséquences théoriques qu'il en a tirées au sujet de la constitution du benzol.

M. le prof. GRÆBE donne à la Société de nouveaux détails sur l'*acide benzilorthocarbonique*,



dont il a repris l'étude avec M. A. CURCHOD. Une première série d'expériences, faites avec M. P. Juillard<sup>1</sup>, avait montré que cet acide existe sous deux modifications distinctes, dont l'une est blanche et l'autre jaune. Suivant les nouvelles observations de MM. Græbe et Curchod, ces deux modifications se distinguent par leurs autres propriétés physiques (points de fusion, solubilités, etc.). La méthode cryoscopique de Raoult montre qu'elles ont le même poids moléculaire. Au point de vue de leurs propriétés chimiques, elles ne présentent aucune différence; elles fournissent les mêmes éthers, acétoximes et hydrazones. Il est donc probable que leur isomérisie ne doit pas s'expliquer par une différence dans leur formule chimique, mais qu'elle résulte de la position des atomes dans l'espace. Il faut voir ici un nouveau cas de *stéréo-isomé-*

<sup>1</sup> *Archives*, XX, 200.

*rie*, analogue à ceux qu'a observés M. V. Meyer chez les oximes du benzile. M. Græbe saisit cette occasion pour expliquer, au moyen de modèles, les principes de ce nouveau genre d'isomérisie, et pour montrer qu'il est une conséquence de la théorie de MM. Le Bel et van t'Hoff sur le carbone asymétrique.

A. P.



# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

---

*Séance du 17 avril 1890.*

R. Chodat. Recherches nouvelles sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses. — L. de la Rive. Travail de M. Trouton. Sur l'accélération des ondes électro-magnétiques secondaires. — Alph. de Candolle. Déserts de l'Australie.

M. CHODAT parle des recherches nouvelles sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses (Hellriegel et Willfarth; J.-B. Lances et J.-H. Gilbert, *Proceedings of the royal soc.*). Il est d'avis que la question est définitivement tranchée dans ce sens que les légumineuses peuvent absorber et employer l'azote atmosphérique par le moyen des organismes inférieurs qui produisent leurs bulbilles radiculaires.

Il cite aussi les procédés employés pour déterminer la présence des cils chez les Bactériacées.

M. DE LA RIVE rend compte d'un travail de M. Trouton sur l'accélération des ondes électro-magnétiques secondaires<sup>1</sup>.

M. A. DE CANDOLLE parle des déserts situés à l'intérieur de l'Australie et des tentatives faites pour les irriguer.

<sup>1</sup> Voir ci-dessus page 402.

*Séance du 1<sup>er</sup> mai.*

Ed. Sarasin et L. de la Rive. Nouvelles recherches sur les ondulations électriques hertziennes. — R. Chodat. Transformation des grains de chlorophylle en leucites azyllogènes dans *Calanthe Sieboldii*. — E. Gautier. Diagrammes de l'anémomètre enregistreur de l'Observatoire de Genève. — M. Schiff. Analyse de divers travaux.

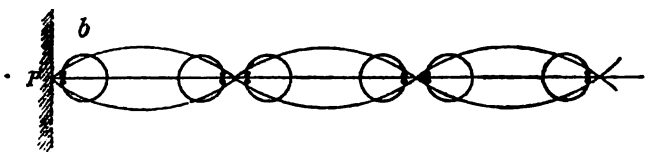
M. Ed. SARASIN rend compte de la suite des recherches que M. Luc. DE LA RIVE et lui poursuivent *sur les ondulations électriques hertziennes*. En ce qui concerne d'abord les ondulations se propageant le long de fils conducteurs, cas sur lequel ont plus particulièrement porté leurs études précédentes, ils ont reconnu que ces ondulations sont perceptibles dans le circuit qui relie la bobine d'induction au conducteur primaire et qu'on en peut constater les interférences le long d'un fil communiquant avec ce circuit à l'une de ses extrémités et isolé à l'autre, chaque cercle ou résonateur donnant dans ce cas le même internœud que le long des fils tendus en avant du primaire dans leurs expériences antérieures.

En dernier lien les auteurs ont plus particulièrement étudié l'expérience par laquelle M. Hertz démontre la réflexion normale de l'onde électrique contre une grande paroi métallique et les interférences qui se produisent en avant de ce miroir, dans l'air, en l'absence de tout fil conducteur.

Comme paroi métallique réfléchissante ils ont employé un grand rideau plan, formé d'une feuille très mince de plomb de 2<sup>m</sup>,95 de largeur, 2<sup>m</sup>,80 de hauteur. Les conducteurs primaires et les résonateurs étaient les mêmes que ceux précédemment décrits. Le conducteur primaire était placé horizontalement à environ 5<sup>m</sup>,7<sup>m</sup> et 9<sup>m</sup> suivant les cas en avant du miroir, parallèlement à celui-ci, son étincelle sur la normale passant par le centre de ce miroir.

L'espace situé en avant du miroir était exploré à l'aide d'un conducteur secondaire circulaire placé lui-même sur un chariot à coulisse glissant le long de la normale au miroir sur un banc muni d'une graduation en centimètres, qui a

déjà été décrit à propos des recherches antérieures des auteurs. Ce cercle était en général placé horizontalement et à la même hauteur que le primaire. Comme l'indique M. Hertz<sup>1</sup>, l'étincelle que l'on observe dans l'interruption du cercle ainsi disposé est plus forte lorsque la partie continue de ce cercle sur laquelle l'action inductrice est prépondérante, est située dans un ventre et son interruption dans un nœud que dans le cas inverse. La figure ci-jointe indique les positions de maxima de l'étincelle :



En *b*, dans le voisinage immédiat du miroir *P*, où se trouve un nœud, l'étincelle est plus forte lorsque l'interruption est tournée vers le miroir, que lorsqu'elle se trouve du côté opposé. S'éloignant du miroir on trouve une position où l'étincelle est la même dans les deux cas, le centre du cercle est alors sur un ventre, au delà de ce point le maximum de l'étincelle a changé de côté; un changement analogue se produit en sens inverse, quand on a passé un premier nœud et ainsi de suite. Cette expérience de M. Hertz se reproduit avec une grande netteté et les auteurs l'ont absolument confirmée.

En la répétant avec des primaires de grandeurs différentes et des cercles de 4", 0",75, 0",50, 0",36, 0",25 et 0",20, les auteurs ont reconnu que chaque cercle donne à très peu près le même internœud que le long des fils, ce qui montrerait que *la vitesse de propagation à travers l'air est sensiblement la même que le long des fils*.

Ici encore *résonance multiple*, c'est-à-dire constatation de longueurs d'onde assez différentes et simultanées dans le mouvement ondulatoire émanant d'un seul et même primaire. Mais ce phénomène semble se produire dans ce cas

<sup>1</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXI, p. 298.

entre des limites beaucoup plus restreintes que dans le cas de la propagation le long des fils. Pour le bon fonctionnement du résonateur, la production d'étincelles fortes et la constatation nette des ventres et des nœuds, il est ici plus nécessaire que dans le cas des fils que le primaire et le secondaire soient entre eux dans un rapport donné de dimensions et peu éloignés d'être à l'unisson.

Les indications numériques suivantes viennent à l'appui de ce qui précède : Pour le cercle de 0<sup>m</sup>,26 dont l'internœud le long des fils est de 1<sup>m</sup>,12, on a trouvé dans l'air un internœud variant entre 1<sup>m</sup>,12 et 1<sup>m</sup>,23; pour le cercle de 0<sup>m</sup>,36 dont l'internœud le long des fils est 1<sup>m</sup>,47, on a trouvé dans l'air un internœud variant entre 1<sup>m</sup>,40 et 1<sup>m</sup>,80; pour le cercle de 0<sup>m</sup>,75 dont l'internœud le long des fils est 2<sup>m</sup>,96, on a trouvé un demi-internœud variant entre 1<sup>m</sup>,50 et 1<sup>m</sup>,65.

Comme on le voit, il n'y a pas d'allongement marqué en passant de la longueur d'onde le long des fils à la longueur d'onde dans l'air ou du moins cet allongement, s'il existe, serait de l'ordre des erreurs d'observation.

Dans une première communication M. CHODAT avait signalé la *transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes dans le pseudobulbe de Calanthe Sieboldii* (orchidée). Il a continué ces recherches et ne peut aujourd'hui que confirmer ses premières observations.

En faisant des coupes tangentielles, minces, à travers le pseudobulbe de cette plante, en partant de la périphérie et en s'approchant toujours plus du centre, on peut suivre pas à pas cette transformation et même dans certaines coupes faites 3-5 mm. au-dessous de l'épiderme trouver tous les stades de la transformation.

Il y a plusieurs modes dans ce phénomène :

1° Le grain de chlorophylle primitivement arrondi et homogène devient granuleux. On remarque que la chlorophylle s'est amassée en certains points qui apparaissent sans ordre régulier. On peut voir alors sur une portion du pourtour du grain, le plasma devenir hyalin, incolore. Le grain de chlorophylle est encore arrondi mais porte sur une partie de son

pourtour un croissant parfaitement transparent. Pendant ce phénomène, le grain de chlorophylle s'est gonflé (v. fig. 1, pl. XII). Dans d'autres grains, cette portion hyaline augmente beaucoup; elle envahit le grain en provoquant dans la partie chlorophyllée une fissure. Cette séparation dans la granulation en deux couches peut s'effectuer d'une façon différente encore : La portion hyaline proémine assez fortement tandis qu'il se fait de l'autre côté une invagination correspondante. Plus tard, la masse chlorophyllée peut se séparer en deux disques entourés par le plasma hyalin (v. fig. 3, pl. XII), ou même devenir exclusivement pariétale avec quelques granulations au milieu du plasma fondamental.

Enfin, la granulation peut s'étrangler en forme de biscuit avec localisation de la coloration aux deux pôles. L'étranglement est toujours précédé d'une différenciation dans la granulation arrondie. En effet, comme dans les cas précédents, il se forme une zone hyaline médiane qui traverse le grain tout entier (v. fig. 5, pl. XII).

Quelquefois aussi le grain de chlorophylle, en se gonflant fortement, se vacuolise ou même devient lui-même une grande vacuole qui ne rappellerait plus son origine n'étaient-ce les quelques traces de chlorophylle qui sont encore répandues dans son pourtour (v. fig. 20-21, pl. XII). On peut facilement d'ailleurs provoquer, sous le microscope la formation de semblables vacuoles, soit en laissant agir de l'eau sur les coupes examinées, soit en employant la solution de chloral. Les granulations chlorophylliennes différenciées en plasma incolore et en granulations deviennent, sous l'influence de l'un et de l'autre de ces réactifs, des vacuoles entourées d'une membrane protoplasmique. L'action du second de ces réactifs est très intéressante.

En effet, sous son influence, on voit la matière chlorophyllée sortir du grain avec l'huile qui y était contenue et former ainsi des gouttelettes d'un beau vert que l'alcanne démontre être formé par une substance huileuse. Il semble que, dans tous ces grains, la chlorophylle soit liée à une huile.

On voit en effet dans ces grains, en employant l'immersion, la coloration verte répartie sous forme de gouttelettes.

Ordinairement ces grains ne forment pas d'amidon. L'auteur en a cependant observé, mais rarement, sur des grains différenciés de la forme indiquée par la figure 1, pl. XII.

Par contre, ils sont gorgés de sucre réducteur ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le réactif de Fehling. Leur propriété si accentuée de se gonfler par l'eau, semble militer en faveur de cette manière de voir. En effet, ils agissent, vis-à-vis de l'eau, comme une cellule gorgée de substances avides d'eau. Ils ont un pouvoir endosmotique puissant. Ceci est démontré par la solution de chloral qui ne les contracte nullement mais les fait gonfler.

Lorsque cette différenciation entre la portion hyaline et la partie chlorophyllée a eu lieu, les granulations se développent dans trois sens différents :

1° Ils augmentent de volume, se vacuolisent et finissent par se dissoudre dans le protoplasma cellulaire ambiant;

2° Ils se divisent en deux;

3° La portion médiane hyaline s'allonge plus ou moins. Les corpuscules issus de cet étirement ont alors l'apparence variable indiquée par les fig. 5, 6, 7, 8, 9. La portion moyenne peut devenir filiforme, très allongée, tandis que les deux extrémités restent vertes. La chlorophylle y est répartie sous forme de gouttelettes en séries.

C'est à ce moment qu'on voit apparaître l'amidon. Il se forme de préférence sur la partie médiane incolore. On en trouve cependant aussi, mais plus rarement, sur la zone verte. A un stade plus avancé le leucite allongé aplatit ses boules terminales. Celles-ci deviennent finalement aiguës et fusiformes. Le leucite prend alors les apparences indiquées par les fig. 11-19. Ce leucite linéaire acuminé aux deux bouts, peut procéder du grain chlorophyllé sans passer par le stade à deux boules. Alors le grain chlorophyllé s'allonge comme on le voit indiqué dans le dessin, fig. 15. C'est sur ce leucite allongé qui n'est plus que faiblement chlorophyllé que l'amidon se forme. Cette formation n'a lieu que sur un seul côté du leucite. Chose remarquable, le pigment chlorophyllien est alors localisé dans deux zones situées immédiatement au-dessous des deux prolongements aigus terminaux qui sont

eux-mêmes incolores (v. fig. 12). Dans les leucites à bouts obtus la coloration occupe les deux extrémités (v. fig. 8-10).

L'amidon s'y forme presque exclusivement sur la portion dépourvue de chlorophylle. Il n'est pas impossible, cependant, qu'il ne se forme aussi sur la zone chlorophyllée. On trouve, en effet, des grains se développant dans cette région, mais beaucoup plus rarement que dans la portion hyaline. Ils s'y développent comme l'a indiqué M. Schimper pour Phajus (v. *Bot. Zeit.*, 1880-81). Ces leucites, primitivement droits, deviennent bientôt arqués, leurs extrémités hyalines se redressent, ce qui leur donne l'apparence d'une pyrogue allongée. Il n'y a ordinairement qu'un grain sur chaque leucite, mais aussi quelquefois 2 ou même 3. Lorsque le grain d'amidon est unique il est inséré sur la zone médiane hyaline; lorsqu'il y en a plusieurs, ils sont dispersés sans ordre et même quelquefois accolés. Il arrive souvent que plusieurs de ces leucites allongés sont accumulés sur un même point dans la cellule. Dans ces conditions, les extrémités hyalines et aiguës arrivent à rencontrer les grains d'amidon des leucites voisins, qu'ils corrodent fortement. Ils nourrissent donc leur grain propre aux dépens d'un grain voisin (v. fig. 18).

Enfin, ces leucites particuliers se replient quelquefois lorsque le grain d'amidon est devenu plus gros, sur lui, en l'embrassant complètement. On voit alors encore le pigment chlorophyllien limité dans certaines régions du leucite et très affaibli. Enfin, beaucoup de ces leucites, à un âge plus avancé, se dépouillent complètement du pigment et continuent à former de l'amidon.

M. Émile GAUTIER montre des *tracés de l'anémomètre enregistreur* installé à l'Observatoire de Genève au commencement de cette année et dont M. Raoul Gautier avait fait alors une description détaillée à la Société <sup>1</sup>.

M. le prof. SCHIFF rend compte des recherches de M. Bauditsch, professeur à Harvard College, États-Unis, sur la ques-

<sup>1</sup> Voir ci-dessus p. 103.

tion de savoir s'il existe un *type de physionomie commun aux personnes exerçant une même vocation*.

*Séance du 5 juin.*

Président. Mort de J.-L. Soret. — V. Fatio. Présentation du 5<sup>m</sup>e volume de sa *faune suisse*. — Duparc et Le Royer. *Notices cristallographiques*. — R. Gantier. *Analyse de divers travaux*.

M. le *Président* exprime au nom de la Société les douloureux regrets causés par la mort de M. Louis Soret. Il rappelle la place importante que M. L. Soret tenait à Genève dans les sciences physiques et dans l'enseignement et cite les principaux travaux de sa carrière scientifique qu'on peut dire inachevée, puisque les facultés du savant étaient dans leur pleine vigueur. La perte pour la Société d'un de ses membres les plus actifs et les plus assidus est vivement ressentie et elle s'associe au deuil de sa famille.

M. V. FATIO présente à la Société le volume V de sa *Faune suisse* et donne un exposé sommaire du contenu de cette deuxième et dernière partie de l'étude très complète qu'il a faite des *Poissons* du pays.

Dans une introduction générale aux deux volumes ichthyologiques de cet important ouvrage, l'auteur relève bon nombre d'observations nouvelles relatives à la distribution géographique des espèces dans les différents bassins et à divers niveaux, à la variabilité dans différentes conditions d'existence, aux caractères d'âge et de sexe, à la stérilité et à l'hybridité naturelle. Il traite également de la bibliographie et de la caractéristique en général des poissons de la Suisse, et fournit, sur les époques de frai de ceux-ci en divers milieux, quantité de données précieuses eu égard à la protection rationnelle des différentes espèces.

En outre, des 51 espèces qu'il reconnaît dans le pays, M. Fatio décrit aussi soit plusieurs poissons étrangers géo-



graphiquement voisins et diverses espèces récemment importées, soit bon nombre de sous-espèces, de variétés et de bâtards. Signalons, entre autres données intéressantes : la création actuelle d'une espèce d'Alose d'eau douce, en voie de formation par isolement dans le lac de Lugano; une étude très circonstanciée des diverses formes de Corégones qui habitent seize lacs en Suisse, leur classification en espèces typiques, espèces géographiques actuelles et sous-espèces locales, et le rapprochement, à titre de variétés, de toutes les prétendues espèces de Truites indigènes dans un même cadre spécifique.

Des diagnoses en tête de chaque monographie d'espèce, des tableaux synoptiques et de nombreuses figures de détails originales facilitent les recherches et les déterminations. Enfin des tableaux schématiques des distributions géographiques horizontale et verticale de chaque espèce permettent d'établir très approximativement, par comparaison, la faune particulière à telle ou telle localité, étant donné le bassin ou sous-bassin de celle-ci et son élévation.

M. LE ROYER communique des recherches faites en collaboration avec M. le prof. DUPARC sur les *formes cristallines de quelques composés organiques*<sup>1</sup>.

M. Raoul GAUTIER résume une note de M. le prof. N.-C. Dunér d'Upsal *sur la rotation du soleil*, note qui a paru dans les *Astron. Nachrichten*, vol. 124, p. 267<sup>2</sup>.

M. R. GAUTIER rend aussi compte brièvement d'une intéressante étude de M. le prof. G.-V. Schiaparelli sur le mouvement de rotation de la planète Vénus, étude publiée dans les *Comptes rendus de l'Institut royal lombard*, vol. XXIII, 2<sup>me</sup> sér.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Voir ci-dessus p. 496.

<sup>2</sup> Voir ci-dessus p. 541.

<sup>3</sup> Voir ci-dessus p. 542.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

M A I 1890

---

Le 2, très forte rosée le matin ; halo lunaire à 10 h. du soir.

4, éclairs et tonnerres à l'O. à 6 h. 22 m. du soir ; l'orage suit la chaîne du Jura.  
Un nouvel orage éclate peu après au SW. se dirigeant vers le SE. ; très forte averse ; quelques grains de grésil à 7 h. du soir. Un troisième orage se déclare au SW. et se scinde ; une partie se dirige vers le SSE., l'autre passe au zénith à 7 h. 30 m. du soir et continue sa course vers le N.

6, très forte rosée le matin.

12, depuis 7 h. 30 m. du soir, éclairs de l'O. au N. ; quelques tonnerres à l'O. entre 9 h. et 10 h. du soir.

13, tonnerres à 4 h. du matin.

16, très forte rosée le matin.

17, tonnerres au SE. à 6 h. 54 m. du soir ; éclairs dans la même direction jusqu'à 6 h. 45 m. ; orage au N. à 7 h. du soir. Éclairs et tonnerres au S. et à l'O. jusqu'à 9 h. 30 m. du soir ; fortes averses.

18, tonnerres au S. à 3 h. 12 m. du soir ; l'orage se dirige vers le SE. ; grésil à 4 h. 8 m. du soir ; le Salève est blanc comme après une chute de neige. Pluie torrentielle ; malgré la nouvelle canalisation, plusieurs magasins des rues Basses sont inondés.

19, éclairs au N. depuis 8 h. du soir.

20, tonnerres au SW. à 3 h. 55 m. et au N. à 4 h. 1 m. du soir ; orage au S. à 4 h. 51 m. accompagné de quelques grains de grésil. Tonnerres lointains au SW. à 5 h. du soir.

23, éclairs au NNE. à 10 h. du soir.

24, éclairs au SE. puis à l'ESE. depuis 9 h. et demie du soir.

25, tonnerres au S. de 12 h. 37 m. à 1 h. du soir.

29, forte bise jusqu'à 7 h. du matin.

30, très forte rosée le matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 8 h. matin .....	725,17	Le 1 <sup>er</sup> à 5 h. soir .....	719,83
6 à 8 h. matin .....	721,48	4 à 5 h. soir .....	716,87
9 à 11 h. soir .....	719,34	8 à 4 h. matin .....	712,98
15 à 9 h. matin .....	731,19	12 à 3 h. soir .....	706,77
21 à 8 h. soir .....	729,55	18 à 4 h. soir .....	719,95
30 à 8 h. matin .....	731,23	28 à 5 h. matin .....	717,79

---

Jours de mois.	Baromètre.				Température C.				Fract. de saturation en millièmes.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Météor.	Temp. du Rhéoc.		Limnètre à 11 h.
	Hauteur moy. de la hauteur normale	Ecart avec la hauteur normale	Minim. observé au barom.	Maxim. observé au barom.	Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. en 24 h.			Dir.	Midi.	
1	720.84	- 4.11	719.83	721.82	- 11.04	- 0.02	7.4	- 13.5	645	- 49	450	860	0.1	1 SSW.	9.2	- 0.9	119.2	
2	722.28	- 2.70	721.14	723.85	- 11.36	+ 0.15	4.4	- 18.1	682	- 13	430	930	...	1 SW.	9.8	- 0.4	119.5	
3	724.11	- 0.91	723.42	725.17	- 12.45	+ 1.40	7.8	- 18.8	695	- 10	360	900	0.3	1 variable	10.0	- 0.3	118.0	
4	720.06	- 5.00	716.87	723.41	- 11.41	- 0.08	5.0	- 16.8	685	- 10	470	900	13.5	3 N.	1 0.47	...	117.0	
5	719.71	- 5.39	719.25	720.67	- 12.06	+ 0.42	7.6	- 18.0	644	- 51	340	800	...	...	9.8	- 0.7	112.0	
6	720.29	- 4.85	718.66	721.48	- 11.92	+ 0.14	4.4	- 18.0	606	- 90	340	830	...	...	9.8	- 0.9	114.7	
7	716.62	- 8.56	713.66	719.36	- 13.30	+ 1.37	6.9	- 20.0	600	- 96	360	800	4.8	4 N.	1 0.07	- 0.7	115.3	
8	714.38	- 10.84	712.98	715.94	- 10.61	+ 1.46	7.9	- 13.2	813	- 147	670	930	17.8	14 SSW.	1 0.08	+ 0.7	117.5	
9	716.59	- 8.67	715.62	719.34	- 13.76	+ 1.55	8.0	- 20.1	663	- 34	500	780	0.4	1 SSW.	1 0.95	- 1.0	118.9	
10	716.87	- 8.44	714.38	719.19	- 13.06	+ 0.70	9.0	- 17.0	771	- 74	670	880	...	...	1 0.93	- 0.8	119.5	
11	716.47	- 8.88	713.82	718.32	- 13.54	+ 1.04	9.8	- 16.5	706	- 9	540	870	2.2	2 SSW.	1 0.87	- 0.4	118.7	
12	709.44	- 16.25	706.77	713.49	- 16.12	+ 3.78	9.7	- 23.2	675	- 23	430	860	7.5	17 SSW.	1 1.00	- 1.5	118.5	
13	716.94	- 8.53	710.41	722.44	- 14.22	+ 1.56	9.0	- 14.6	824	- 45	730	870	0.7	1 SE.	1 0.68	- 1.4	123.5	
14	726.35	+ 1.07	722.71	730.28	- 12.39	- 0.53	6.9	- 17.7	654	- 92	430	890	...	...	1 0.17	...	122.0	
15	730.21	+ 4.68	729.25	731.19	- 13.19	+ 0.12	3.5	- 18.4	607	- 5	570	900	...	...	1 0.05	- 0.5	124.5	
16	726.99	+ 1.42	724.18	729.54	- 13.84	+ 0.60	6.9	- 17.9	705	- 40	420	860	19.0	4 variable	0.87	- 0.4	124.5	
17	723.19	- 2.43	721.11	724.84	- 16.85	+ 3.50	11.6	- 22.9	660	- 90	410	970	31.8	4 SE.	1 0.83	...	123.0	
18	721.83	- 3.83	719.95	723.07	- 15.44	+ 1.95	10.9	- 22.8	719	- 48	540	960	...	...	0.78	- 0.5	126.5	
19	721.70	- 4.01	720.57	722.63	- 15.90	+ 2.28	8.3	- 22.3	749	- 43	590	950	...	...	variable	- 0.3	127.4	
20	721.87	- 0.88	722.72	727.07	- 14.80	+ 1.04	12.0	- 19.0	794	- 93	590	960	8.4	8 N.	1 0.85	- 0.9	128.1	
21	728.85	+ 3.05	727.47	729.55	- 11.89	- 2.01	9.9	- 15.0	881	- 179	760	960	...	...	1 0.82	- 1.1	129.0	
22	728.18	- 2.34	727.05	728.97	- 15.65	+ 1.62	10.7	- 19.8	740	- 38	570	890	...	...	1 0.60	- 0.4	131.0	
23	726.85	+ 0.96	725.39	728.02	- 16.59	+ 2.12	11.0	- 23.2	753	- 51	620	860	...	...	1 0.83	+ 0.6	133.3	
24	725.36	- 0.57	724.19	726.43	- 17.76	+ 3.46	11.6	- 24.1	724	- 21	510	940	...	...	1 0.62	...	133.0	
25	723.32	- 2.66	721.53	724.74	- 18.14	+ 3.67	11.9	- 24.5	720	- 29	500	900	0.9	2 SSW.	1 1.00	+ 2.3	131.5	
26	720.83	- 5.19	719.77	721.93	- 16.64	+ 2.07	12.1	- 22.5	732	- 29	550	890	11.2	8 variable	1 1.00	+ 2.5	136.6	
27	721.34	- 4.73	719.64	722.66	- 14.93	+ 0.89	11.5	- 21.5	716	- 12	500	980	15.9	11 SSW.	1 1.00	- 0.3	139.5	
28	720.07	- 6.04	717.79	723.43	- 14.93	+ 3.20	9.3	- 15.8	906	- 202	810	990	...	...	1 1.00	- 0.9	142.2	
29	727.65	+ 1.49	723.85	730.66	- 11.76	- 3.20	9.3	- 21.4	729	- 25	590	900	...	...	1 1.00	- 0.2	143.0	
30	730.30	+ 4.40	729.16	731.23	- 15.56	- 0.53	5.8	- 20.2	614	- 90	320	960	...	...	1 0.82	- 0.1	143.4	
31	727.68	+ 1.43	725.58	730.17	- 15.66	+ 0.45	10.5	- 20.2	596	- 108	440	800	...	...	1 0.82	- 0.1	143.4	
Mois	722.96	- 2.58	719.83	725.58	- 13.89	+ 0.69	712	+ 141	712	+ 141	142.5	88	142.5	88	0.72	11.70	- 0.02	125.54

## MOYENNES DU MOIS DE MAI 1890

1 h. m.    4 h. m.    7 h. m.    10 h. m.    1 h. s.    4 h. s.    7 h. s.    10 h. s.

## Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	719.84	719.62	719.82	719.56	718.80	718.16	718.36	719.23
2 <sup>e</sup> »	721.47	721.34	722.11	722.09	721.74	721.19	721.79	722.56
3 <sup>e</sup> »	725.41	725.37	726.07	726.02	725.33	724.93	725.20	725.63
Mois	722.34	722.22	722.77	722.67	722.07	721.54	721.89	722.58

## Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+ 9.49	+ 7.71	+ 9.89	+13.15	+15.91	+15.88	+13.77	+10.97
2 <sup>e</sup> »	+11.85	+10.30	+12.98	+15.71	+17.56	+17.96	+15.39	+13.09
3 <sup>e</sup> »	+12.55	+11.27	+13.99	+16.46	+18.66	+17.85	+15.99	+14.07
Mois	+11.34	+ 9.81	+12.34	+15.15	+17.41	+17.25	+15.08	+12.75

## Fraction de saturation en millimètres.

1 <sup>re</sup> décade	793	849	790	652	484	504	605	766
2 <sup>e</sup> »	862	867	795	626	540	543	679	819
3 <sup>e</sup> »	858	898	779	646	585	619	705	808
Mois	838	872	788	642	538	557	665	798

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre
	°	°	°		mm	cm
1 <sup>re</sup> décade	+ 6.81	+ 17.55	+ 10.22	0.70	36.9	117.16
2 <sup>e</sup> »	+ 9.06	+ 19.53	+ 9.71	0.72	69.2	122.66
3 <sup>e</sup> »	+ 10.49	+ 20.08	+ 13.24	0.74	36.4	135.78
Mois	+ 8.84	+ 19.09	+ 11.70	0.72	142.5	125.54

Dans ce mois l'air a été calme 27,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,36 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 43°, 9, W. et son intensité est égale à 12,8 sur 100

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1890.

- Le 1<sup>er</sup>, neige par un fort vent jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 4 h. du soir.  
 3, légère neige à 7 h. du matin.  
 5, neige jusqu'à 7 h. du matin.  
 7, neige jusqu'à 7 du matin, puis brouillard jusqu'à 7 h. du soir.  
 8, légère neige à 7 h. et à 10 h. du matin.  
 9, fort vent à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.  
 10, fort vent pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; légère neige à 10 h. du matin.  
 11, fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; neige depuis 7 h. du soir.  
 12, neige pendant tout le jour; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; forte bise à 10 h. du matin.  
 13, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; neige de 10 h. du matin à 4 h. du soir; forte bise à 4 h. du soir.  
 14, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.  
 16, fort vent depuis 10 h. du soir.  
 19, fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; pluie et neige de 1 h. à 4 h. du soir.  
 20, brouillard pendant tout le jour; fort vent à 1 h. du soir.  
 21, neige jusqu'à 1 h. du soir, puis brouillard.  
 23, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.  
 25, brouillard à 4 h. du soir.  
 26, légère neige à 7 h. du soir.  
 27, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir; forte bise depuis 10 h. du soir.  
 28, fort vent jusqu'à 7 h. du matin; neige jusqu'à 4 h. du soir; elle fondait à mesure.  
 29, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir; légère neige à 1 h. du soir.  
 30, brouillard depuis 10 h. du soir.  
 31, brouillard depuis 4 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 7 h. soir .....	562.86	Le 1 <sup>er</sup> à 4 h. soir .....	559.07
6 à 8 h. soir .....	560.97	5 à 4 h. matin .....	556.90
11 à 11 h. matin .....	560.95	8 à 6 h. matin .....	552.37
15 à 7 h. soir .....	568.95	12 à 4 h. soir .....	552.83
22 à 9 h. soir .....	568.80	18 à 7 h. matin .....	562.86
30 à 2 h. soir .....	568.60	28 à 6 h. matin .....	558.70

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.	
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum observé au barographe.	Maximum observé au barographe.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.			Eau tombée dans les 24 h.
1	559.65	- 3.07	559.07	562.10	- 4.43	- 3.00	- 8.5	- 1.0	50	6,5	SW.	0.82
2	560.36	- 2.46	559.40	561.90	- 3.60	- 2.32	- 8.0	- 1.5	.....	.....	SW.	0.33
3	562.04	- 0.88	561.07	562.86	- 1.46	- 0.32	- 5.3	- 4.8	.....	.....	NE.	0.38
4	559.94	- 3.08	558.30	561.80	- 0.81	+ 0.19	- 5.0	- 4.7	.....	.....	SW.	0.30
5	558.38	- 4.73	556.90	559.95	- 0.78	+ 0.08	- 5.5	- 3.8	300	17,5	NE.	0.35
6	560.37	- 2.83	559.60	560.97	- 1.31	- 0.59	- 5.0	- 2.8	.....	.....	SW.	0.25
7	557.77	- 5.53	554.92	560.30	- 1.70	- 1.12	- 3.0	- 0.4	340	47,0	SW.	0.97
8	554.00	- 9.40	552.37	555.93	- 0.27	- 0.71	- 4.2	- 6.5	.....	.....	NE.	0.60
9	557.78	- 5.72	555.95	559.33	+ 0.07	+ 0.37	- 4.0	- 4.6	.....	.....	SW.	0.77
10	559.63	- 3.97	558.83	560.36	- 0.81	- 0.65	- 0.6	- 1.0	.....	.....	SW.	1.00
11	560.14	- 3.35	559.60	560.95	- 1.08	- 1.06	- 0.6	- 1.3	40	5,5	SW.	1.00
12	554.38	- 9.41	552.83	558.95	- 1.26	- 1.38	- 2.1	- 0.5	100	26,5	SW.	1.00
13	556.67	- 7.22	554.36	559.80	- 2.18	- 2.44	- 4.4	- 1.2	.....	21,5	variable	1.00
14	563.13	- 0.86	559.90	567.15	- 2.23	- 2.63	- 4.6	- 1.3	.....	8,0	NE.	0.90
15	568.09	+ 4.00	567.12	568.95	- 2.99	- 2.46	- 4.0	- 8.8	.....	.....	NE.	0.15
16	567.87	+ 3.69	566.70	568.62	- 3.14	- 2.48	- 0.1	- 7.0	.....	.....	SW.	0.18
17	564.91	+ 0.63	563.65	566.65	- 2.92	- 2.12	- 0.3	- 7.0	.....	.....	SW.	0.50
18	563.17	- 1.21	562.86	563.80	- 2.12	- 1.19	- 0.4	- 6.1	.....	.....	SW.	0.60
19	563.86	- 0.62	563.25	564.85	- 0.00	- 1.06	- 0.2	- 1.9	.....	9,0	SW.	1.00
20	565.09	+ 0.52	564.68	565.40	- 0.42	- 0.77	- 2.0	- 2.1	.....	.....	SW.	1.00
21	566.08	+ 1.42	565.00	567.10	- 0.70	- 0.62	- 1.4	- 3.5	150	12,0	NE.	0.97
22	567.68	+ 2.92	566.28	568.80	- 4.99	- 3.54	- 0.0	- 10.0	.....	.....	SW.	0.20
23	568.29	+ 3.43	568.05	568.73	- 4.14	- 2.56	- 1.9	- 8.0	.....	.....	SW.	0.38
24	567.27	+ 2.32	566.64	567.97	- 4.54	- 2.83	- 2.0	- 9.8	.....	.....	SW.	0.35
25	565.12	+ 0.08	563.78	566.51	- 5.15	- 3.32	- 2.0	- 12.4	.....	.....	NE.	0.50
26	562.14	- 2.99	561.40	563.68	- 4.22	- 2.27	- 0.6	- 8.8	.....	.....	NE.	0.60
27	561.42	- 3.81	560.64	562.45	- 2.79	- 0.72	- 0.2	- 6.7	.....	.....	NE.	0.72
28	559.72	- 5.60	558.70	561.90	- 0.93	- 3.12	- 2.9	- 2.0	.....	41,5	variable	0.83
29	564.49	- 0.92	562.00	566.90	- 0.08	- 0.39	- 4.2	- 3.8	.....	.....	NE.	0.83
30	567.74	+ 2.24	566.82	568.60	+ 1.49	- 0.94	- 4.0	- 5.6	.....	.....	NE.	0.37
31	566.12	+ 0.53	564.52	567.97	- 2.12	- 0.43	- 1.6	- 7.2	.....	.....	NE.	0.67
Mois.	562.36	- 1.48			+ 0.63	+ 0.12						0.62



## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	559,16	558,40	558,50	558,92	559,10	559,12	559,40	559,34
2 <sup>e</sup> » ...	562,56	562,24	562,47	562,61	562,82	562,76	563,07	563,32
3 <sup>e</sup> » ...	563,23	564,73	564,87	565,17	565,19	565,05	565,20	565,34
Mois .....	562,41	561,88	562,04	562,33	562,46	562,39	562,64	562,75

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	- 3,89	+ 0,18	+ 1,76	+ 0,96	- 1,59	- 2,38
2 <sup>e</sup> » ...	- 0,90	+ 1,45	+ 3,11	+ 2,24	+ 0,78	0,00
3 <sup>e</sup> » ...	+ 0,45	+ 4,80	+ 6,04	+ 5,03	+ 2,16	+ 1,19
Mois .....	- 1,39	+ 2,23	+ 3,71	+ 2,82	+ 0,51	- 0,35

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	mm	mm		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	- 4,91	+ 2,91	0,57	71,0	690
2 <sup>e</sup> » ...	- 1,85	+ 3,72	0,73	70,5	140
3 <sup>e</sup> » ...	- 0,71	+ 7,07	0,64	53,5	150
Mois .....	- 2,43	+ 4,65	0,62	195,0	960

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,70 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 20,4 sur 100

# BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VINGT-TROISIÈME

(3<sup>me</sup> PÉRIODE)

1890. — N<sup>os</sup> 1 à 6.

---

	Pages
Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violet lets par diverses substances, par MM. <i>J.-L. Sorret</i> et <i>Albert Rilliet</i> . (6 <sup>me</sup> mémoire) . . . . .	5
Sur l'état d'équilibre que prend, au point de vue de sa concentration, une dissolution gazeuse primitivement homogène dont deux parties sont portées à des températures différentes, par M. <i>P. van Berchem</i> . . . . .	70
Observation sur l'atavisme des plantes, par M. le ba- ron d' <i>Ettinghausen</i> et M. le prof. <i>Krasan</i> , de Graz.	76
Sur la résonance multiple des ondulations électri- ques de M. Hertz se propageant le long de fils	
ARCHIVES, t. XXIII. — Juin 1890.	37

	Pages
conducteurs, par MM. <i>Ed. Sarasin</i> et <i>L. de la Rive</i> . . . . .	113
Note sur la régularisation du lac Léman en 1889, par M. <i>Th. Turrettini</i> , basée sur les observations limnimétriques faites à Sécheron, par M. <i>Ph. Plantamour</i> (Planche XI) . . . . .	161
Composition de quelques schistes ardoisiers du Valais et de Savoie, par MM. <i>L. Duparc</i> et <i>Radian</i> . . . . .	166
A propos de la constante <i>b</i> de l'équation de M. van der Waals, par M. <i>Philippe-A. Guye</i> . . . . .	197
Le coefficient critique et la constitution moléculaire des corps au point critique, par M. <i>Philippe-A. Guye</i> . . . . .	204
Revue géologique suisse pour l'année 1889, par MM. <i>Ernest Favre</i> et <i>Hans Schardt</i> . . . . .	235
Idem (suite). . . . .	285
Idem (suite et fin). . . . .	430
Recherches sur les ferments digestifs, par M <sup>lle</sup> <i>Catherine Schipiloff</i> . . . . .	256
Note sur la composition des calcaires portlandiens des environs de Saint-Imier, par M. <i>L. Duparc</i> . . . . .	323
Manuel d'astronomie, par M. le prof. <i>R. Wolf</i> . . . . .	335
Le grain du glacier, par M. <i>Ed. Hagenbach</i> (avec planche XI) . . . . .	373
Sur la théorie des interférences de l'onde électrique propagée dans un fil conducteur et du résonateur, par M. <i>L. de la Rive</i> . . . . .	391
Sur l'accélération des ondes électromagnétiques secondaires, par M. <i>Fred.-T. Trouton</i> . . . . .	402
Sur la théorie des dissolutions, par M. <i>Ch.-Ed. Guillaume</i> . . . . .	440

Nonvel appareil pour montrer les variations de la tension superficielle des liquides, par M. F. <i>Leconte</i> .....	419
Deux nouveaux éthers nitriques butyliques, par M. le prof. <i>Jacques Bertoni</i> .....	423
J.-L. SORET. Article nécrologique.....	467
Sur l'analyse des ardoises, par MM. <i>Frédéric Reverdin</i> et <i>Ch. de La Harpe</i> .....	477
L'expérience fondamentale sur la capacité inductive spécifique, par M. le Dr <i>R. Weber</i> .....	489
Notices cristallographiques, par MM. <i>L. Duparc</i> et <i>A. Le Royer</i> .....	496
L'origine de l'asphalte, du bitume et du pétrole, par M. le Dr <i>A. Jaccard</i> .....	501

---

## BULLETIN SCIENTIFIQUE

## ASTRONOMIE.

	Pages
<i>G.-V. Schiaparelli.</i> Sur la rotation de Mercure . . . .	265
<i>N.-C. Dunér.</i> Sur la rotation du soleil . . . . .	541
<i>G.-V. Schiaparelli.</i> Considérations sur le mouvement rotatoire de la planète Vénus . . . . .	542

## PHYSIQUE.

<i>G. Stadler.</i> Détermination de la conductibilité calorique absolue de quelques roches . . . . .	342
<i>P. Bachmetjew.</i> Sur la cause des sons produits par l'aimantation intermittente des métaux magnétiques . . . . .	342

## CHIMIE.

<i>C. Culmann et K. Gasiorowsky.</i> Action des sels d'étain sur les sels des combinaisons diazoïques des carbures d'hydrogène . . . . .	82
<i>G. Lunge.</i> Améliorations dans la fabrication de l'acide sulfurique . . . . .	83
<i>R. Nietzki et Ludwig Schmidt.</i> Sur le tétraamidobenzol . . . . .	178

	Pages.
<i>Henri Brunner</i> . Analyse chimique qualitative.....	179
<i>Ira Moore</i> . Produits de condensation des carbodiamides aromatiques avec les orthodiamines...	267
<i>M. Nathansohn</i> et <i>P. Muller</i> . Dérivés et réactions de la tétraméthyldiamidobenzophénone .....	267
<i>E. Schulze</i> . Sucre de canne dans les germes de plantes étiolées .....	268
<i>R. Nietzki</i> et <i>Friedrich Schmidt</i> . Dioxyquinone et dérivés.....	269
<i>A. Hantzsch</i> . Transformation de dérivés du pentaméthylène et dérivés du benzol, de la pyridine et du tiophène.....	269
<i>Aug. Bischler</i> . Orthonitrophénylhydrazine.....	343
CHIMIE. — <i>Aug. Bischler</i> et <i>S. Brodsky</i> . Sur la m. nitro et p. brome o. nitrosophénylhydrazine.....	456
<i>C. Hoffmann</i> . Acides hydroxamiques de la série grasse.....	456
<i>M. Nencki</i> et <i>N. Sieber</i> . Acide paralactique obtenu par la fermentation du sucre de raisin.....	457
<i>A. Hantzsch</i> . Produits de décomposition de l'acide chloranisique.....	457
<i>M. Nencki</i> et <i>A. Rotschy</i> . Hématoporphyrine et bilirubine.....	458
<i>M. Nencki</i> . Décomposition de l'albumine par des schizomycètes anaérobies.....	459
<i>Richard Hafner</i> . Action du brome sur la paratoluidine en présence d'acide sulfurique concentré ..	460
<i>K. Heumann</i> et <i>Hermann Rey</i> . Matières colorantes du groupe des benzéines.....	460
<i>R. Nietzki</i> , <i>Auguste Dietze</i> et <i>H. Mæckler</i> . Matières colorantes de la résorcine de Weselsky.....	461
<i>R. Nietzki</i> . Formation d'azines au moyen des diamines et des polyamines.....	544
<i>Heinrich Goldschmidt</i> . Sur les oximes.....	545
<i>Ira Moore</i> . Produits de condensation des carbodiamides aromatiques avec les orthodiamines.....	545
<i>G. Lunge</i> . Nouvel appareil pour mesurer les gaz....	546

## GÉOLOGIE

	Pages
D <sup>r</sup> G. Steinmann. Éléments de paléontologie.....	344

**Compte rendu des séances de la Société vaudoise  
des sciences naturelles, à Lausanne.**

<i>Séance du 20 novembre 1889.</i> — M. de Blonay, ingénieur. Méthode forestière dite contrôle. — H. Dufour. Analyse spectrale des liquides de M. F.-A. Forel.....	84
<i>Séance du 4 décembre 1889.</i> — F.-A. Forel, prof. Thermométrie des lacs. — Guillemin, ing. Influence des poussières cosmiques sur la surface du sol (suivi de deux notes de MM. Ch. Dufour et Eug. Renevier, professeurs). — Henri Dufour, prof. Résumé météorologique du mois de novembre. — D <sup>r</sup> Schardt. Formation éolienne observée en Valais. — Brunner, prof. Synthèse des dichroïnes.....	85
<i>Séance du 18 décembre 1889.</i> — F.-A. Forel. Couleur des lacs. Études sur les mirages. — Guinand, architecte. Sur l'incision annulaire des oeps de vigne. — Forel. Recommandations en vue de l'étude systématique de la flore du rivage du Léman...	271
<i>Séance du 8 janvier 1890.</i> — F.-A. Forel. Origine des lacs. — Jean Dufour. Analyse de l'ouvrage de M. Victor Fayod.....	275
<i>Séance du 19 février 1890.</i> — Renevier, prof. 1 <sup>o</sup> Forêt siliciée d'Arizona; 2 <sup>o</sup> Phosphorites de Bessarabie; 3 <sup>o</sup> Disque gypseux de la Veveyse.....	345
<i>Séance du 5 mars 1890.</i> — F.-A. Forel: 1 <sup>o</sup> Pierres de la moraine d'Yvoire; 2 <sup>o</sup> Tempête du 27 janvier 1890 à Partenkirchen, en Bavière; 3 <sup>o</sup> Genèse du lac Léman. — Schardt, prof. Trituration des bancs de calcaire dolomitique. — Renevier, prof. Discordance inverse de Vuargny.....	462
<i>Séance du 19 mars.</i> — Henri Dufour, prof. Nouvelles machines électriques par influence. — Guillemin, ing. Considérations générales sur le relief des continents. — Paul Bussat. Formation d'une veine liquide dans un liquide.....	465
<i>Séance du 2 avril 1890.</i> — Éd. Sarasin et Luc. de la Rive. Sur la résonance multiple des ondulations électriques de Hertz. — Eug. Renevier. Origine et âge des gypses et cornieules de nos Alpes. — E. Chuard, prof. Sur la précipitation du carbonate basique de cuivre par les carbonates alcalins.....	547

## Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

	Pages
<i>Séance du 20 décembre 1889.</i> — A. Pictet et H.-J. Ankersmit. Phenanthridine. — S. Lévy et E. Bader. Action de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle. — C. Græbe et L.-W. Weltner. Préparation et réactions du bromanyle. — C. Græbe et O. Schulthess. Thioxanthone. ....	92
<i>Séance du 9 mai 1890.</i> — A. Pictet et S. Erlich. Les chrysidines. — A. Pictet et W. Béguin. Amidodiméthylquinoline. — C. Græbe et A. Curchod. Acides benzilorthocarboniques. ....	552

## Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

<i>Séance du 19 décembre 1889.</i> — J. L. Soret et A. Rilliet. Absorption des rayons ultra-violetes par différentes substances. — P. van Berchem. Inégale concentration d'une dissolution gazeuse dont deux parties sont maintenues, pendant un temps prolongé, à des températures différentes. — Von Ettinghausen et Krasan. Observations sur l'atavisme des plantes. — E. Gautier. Mort de Respighi. — R. Chodat. Classification des Polygalacées. — Græbe. Lampe à microscope. — L. Duparc et Baëff. Echelle pour l'étude du trouble des eaux bourbeuses. ....	97
<i>Séance du 2 janvier 1890.</i> — R. Gautier. Installation d'un anémomètre enregistreur à l'Observatoire de Genève. — Rilliet, de la Rive, Sarasin. Analyse de divers travaux. ....	103
<i>Séance du 16 janvier 1890.</i> — M. Micheli. Rapport annuel. ....	181
<i>Séances du 6 février.</i> — Schweinfurth. Rapports entre la flore de l'Arabie Heureuse et celle de l'Égypte. — A. de Candolle. Observations sur ce sujet. — Phil. Guye. Chimie moléculaire. — Forel. Genèse du lac Léman. — Ad. D'Espine. Recherches expérimentales sur le bacille diphtéritique. — Al. Herzen. De la prédisposition à la putréfaction et aux infections. — L. Duparc et Hip. Gosse. Sur le sidérolithique du Salève. ....	181
<i>Séance du 20 février 1890.</i> — Gosse et Duparc. Sidérolithique du Salève. — Th. Turrettini. Régularisation du niveau du lac de Genève. — Sarasin et de la Rive. Résonance multiple des onduations électriques. — R. Gautier. Observations de M. Schiaparelli sur la planète Mercure. — A. Rilliet. Mémoires de la Société. ....	348
<i>Séance du 6 mars.</i> — Müller. Travaux sur les Lichens. — Duparc et Piccinelli. Serpentine du Geisspfadsee. — Th. Flournoy. L'audition colorée. ....	350



	Pages
<i>Séance du 20 mars.</i> — Dr Girard. Du rôle du cerveau dans l'acte respiratoire.....	354
<i>Séance du 3 avril.</i> — C. de Candolle. Sur les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique dans la caryocinèse. — O. Asp. Étude mathématique des diadases par torsion. — Micheli. Bulletin météorologique. — Th. Lullin. Mouvements qui se produisent dans l'étalement d'une goutte d'eau. — Duparc et Baëff. Étude du régime de l'Arve.....	357
<i>Séance du 17 avril 1890.</i> — R. Chodat. Recherches nouvelles sur la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses. — L. de la Rive. Travail de M. Trouton. Sur l'accélération des ondes électromagnétiques secondaires. — Alph. de Candolle. Déserts de l'Australie.....	556
<i>Séance du 1<sup>er</sup> mai.</i> — Ed. Sarasin et L. de la Rive. Nouvelles recherches sur les ondulations électriques hertziennes. — R. Chodat. Transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes dans <i>Calanthe Sieboldii</i> (Planche XII). — E. Gautier. Diagrammes de l'anémomètre enregistreur de l'Observatoire de Genève. — M. Schiff. Analyse de divers travaux.....	557
<i>Séance du 5 juin 1890.</i> — Président. Mort de J.-L. Soret. — V. Fatio. Présentation du 5 <sup>me</sup> volume de sa faune suisse. — Duparc et Le Royer. Notices cristallographiques. — R. Gautier. Analyse de divers travaux.....	563

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de décembre 1889.....	105
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de janvier 1890.....	189
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de février.....	277
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de mars.....	365
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois d'avril.....	469
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de mai.....	565

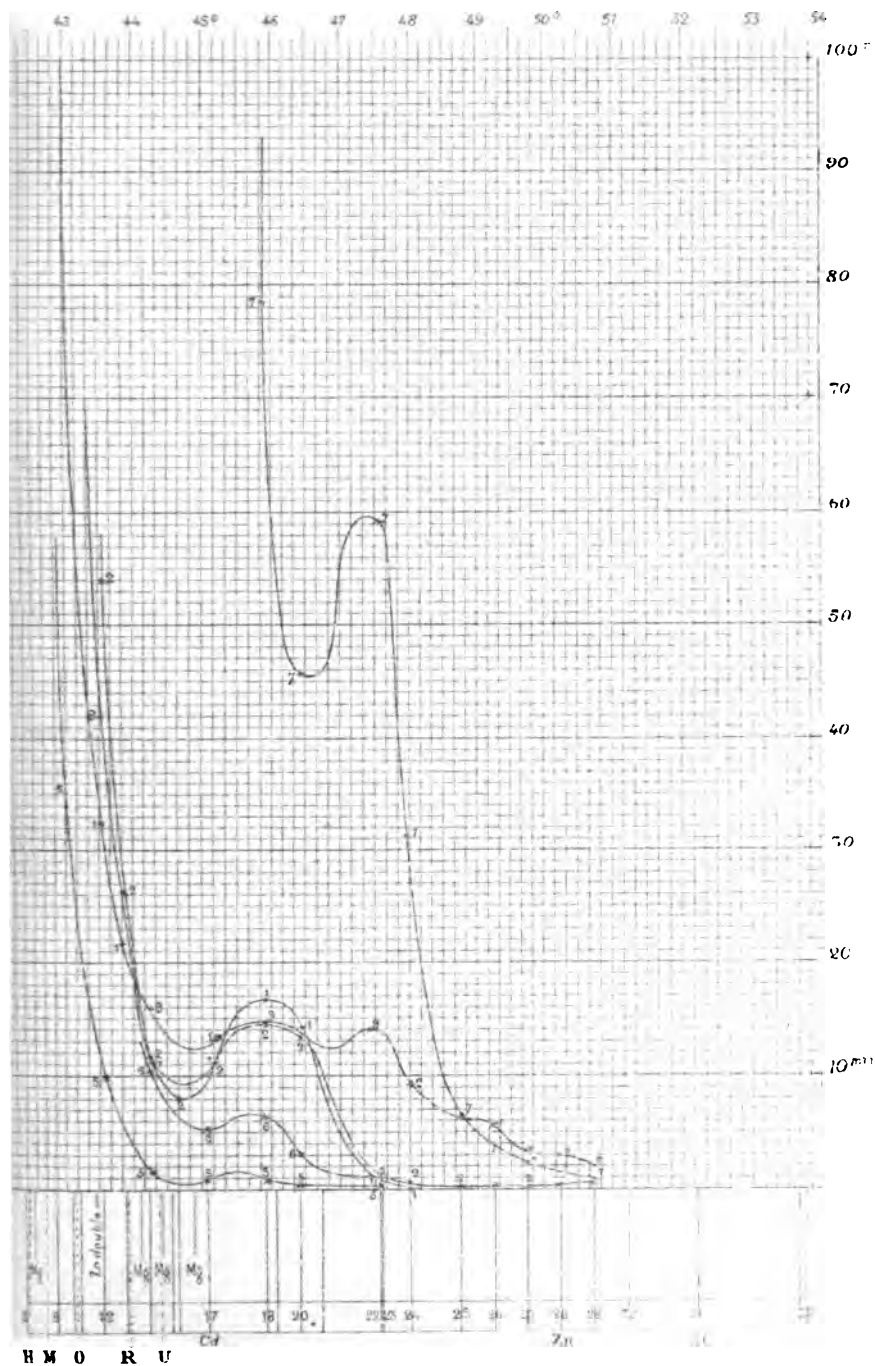


## ALCOOL MÉTHYLIQUE

---

*Courbe portant les*

- N<sup>os</sup> 1.     *Alcool méthylique ordinaire de Kahlbaum.*
  - 2.     *Même produit rectifié.*
  - 5.     *Esprit de bois rectifié à — 12°.*
  - 7.     *Alc. méth. extrait de l'oxalate de méthyle (préparation faite en petit).*
  - 9.     *Alc. méth. extrait de l'oxalate de méthyle, de Kahlbaum.*
-





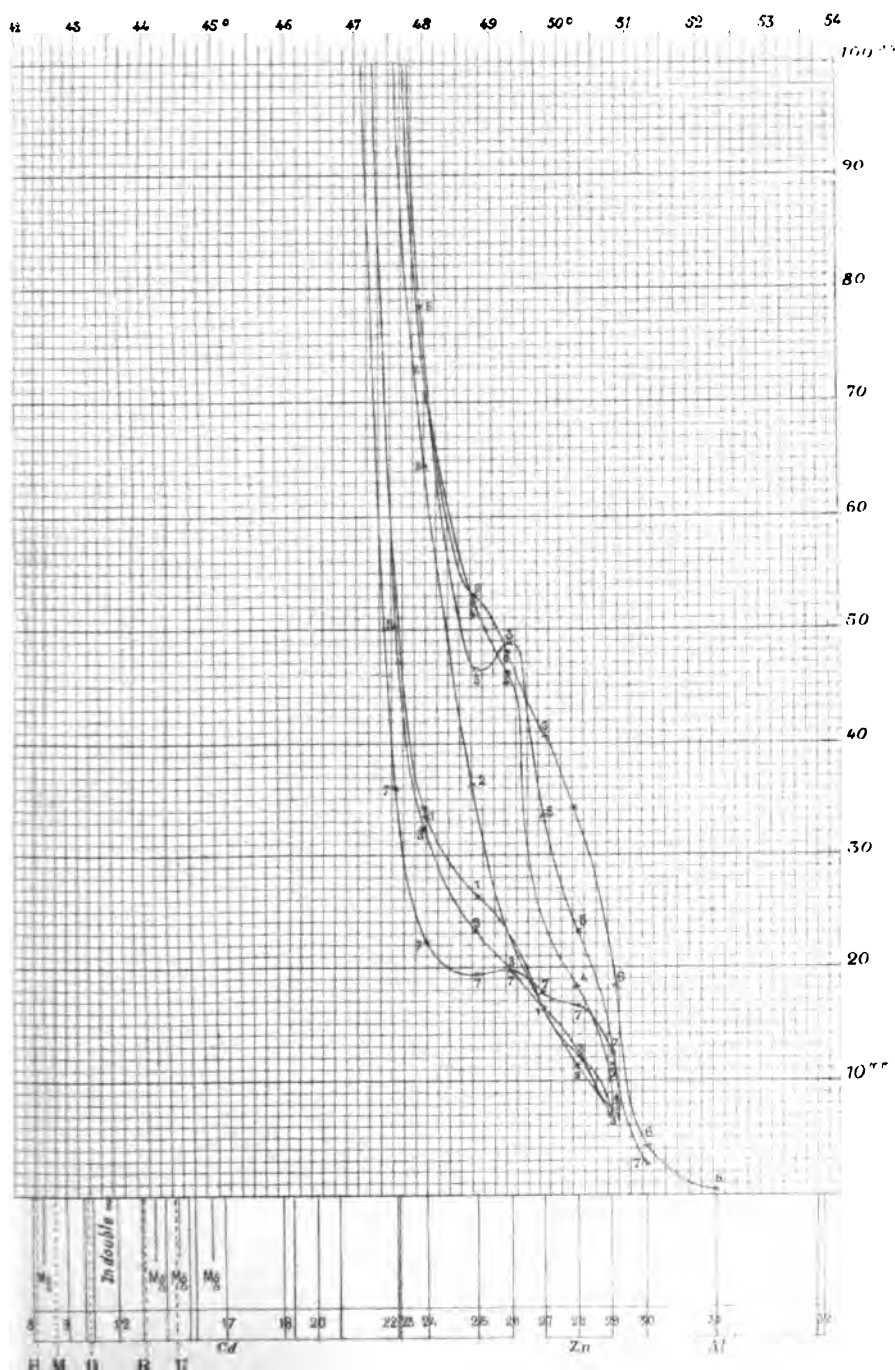


## ALCOOL ÉTHYLIQUE

---

*Courbe portant les*

- |                    |   |                                                    |
|--------------------|---|----------------------------------------------------|
| N <sup>os</sup> 1. | { | <i>Échantillons d'alcool rectifié du commerce.</i> |
| 2.                 |   |                                                    |
| 3.                 |   |                                                    |
| 4.                 |   | <i>Alcool pur de Kahlbaum.</i>                     |
| 5.                 |   | <i>Même produit rectifié.</i>                      |
| 6.                 |   | <i>Alcool très pur, à 96 %, Kahlbaum.</i>          |
| 7.                 |   | <i>» absolu (99,8 %) »</i>                         |











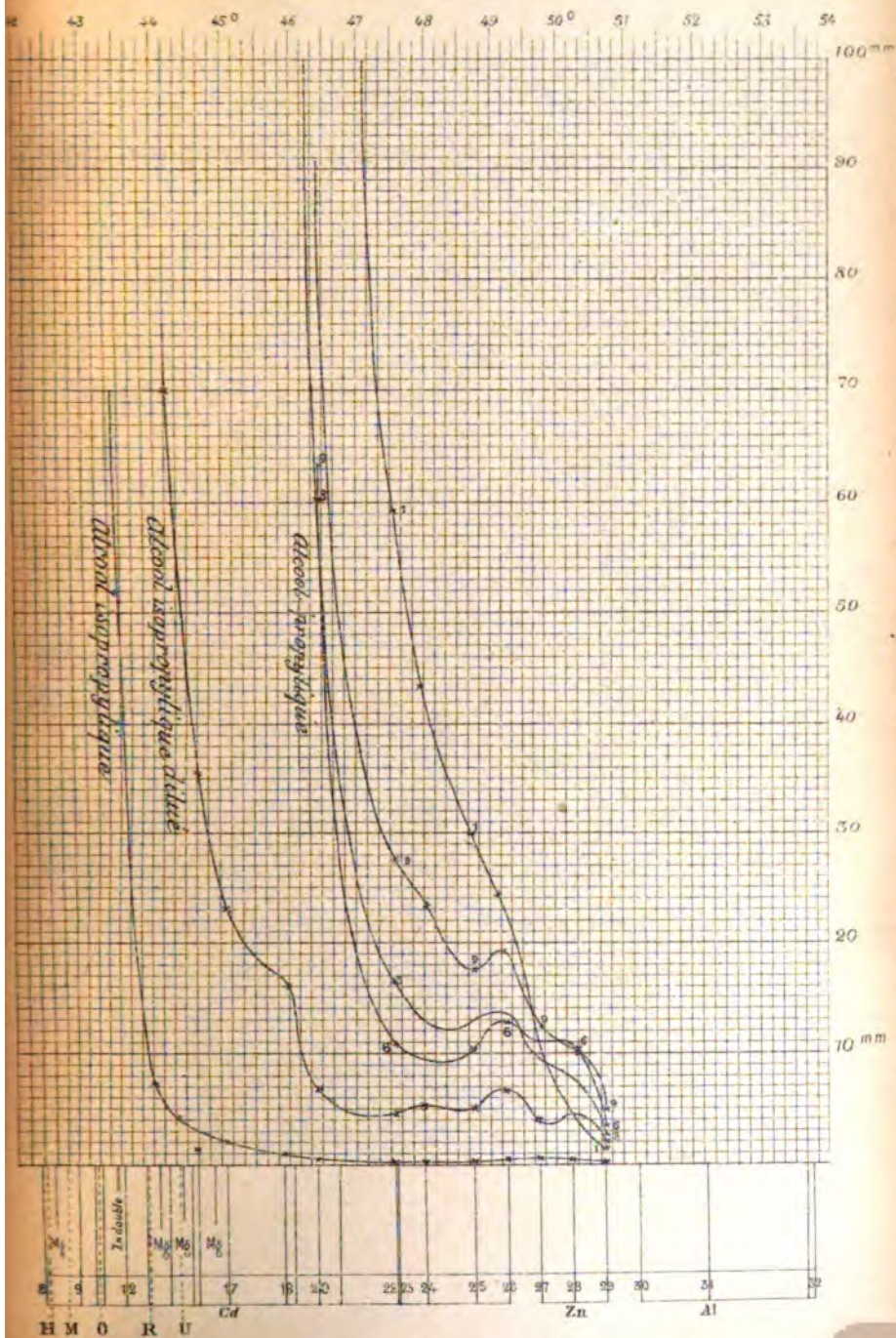


*Courbe portant les*

- N<sup>os</sup> 1. *Alcool propylique de Kahlbaum.*  
 3. *Même produit rectifié.*  
 6. *Alcool propylique de P. & P.*  
 9.               »               *de Kablb. (2<sup>me</sup> échantillon).*

La courbe intitulée « alcool isopropylique » se rapporte à un échantillon de cet alcool probablement impur (Kahlbaum).

*La courbure intitulée « alcool isopropylique dilué » se rapporte à un mélange de 5 %, en volume, d'alcool isopropylique (échantillon ci-dessus mentionné) et de 95 % d'alcool éthylique.*









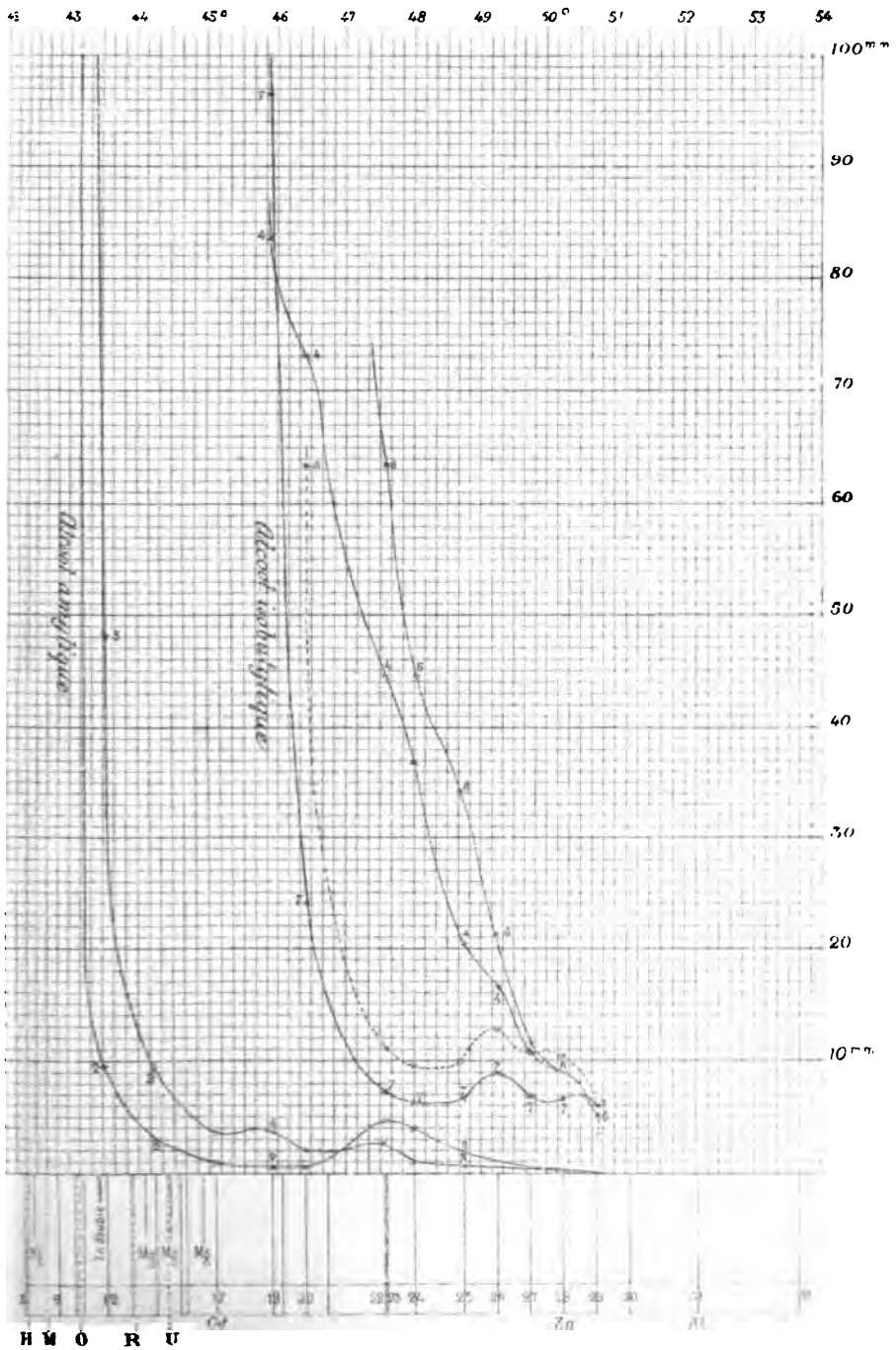
## ALCOOLS ISOBUTYLIQUE ET AMYLIQUE

---

*Courbe portant les*

- |                    |                                             |
|--------------------|---------------------------------------------|
| N <sup>os</sup> 4. | <i>Alcool isobutylique de Kahlbaum.</i>     |
| 6.                 | <i>Même produit conservé longtemps.</i>     |
| 7.                 | <i>Alcool isobut. d'Is. Pierre &amp; P.</i> |
| 2.                 | » <i>amylique de Kahlbaum rectifié.</i>     |
| 3.                 | »    » <i>d'Is. Pierre &amp; P.</i>         |

*Courbe pointillée.*    » *propylique*    »







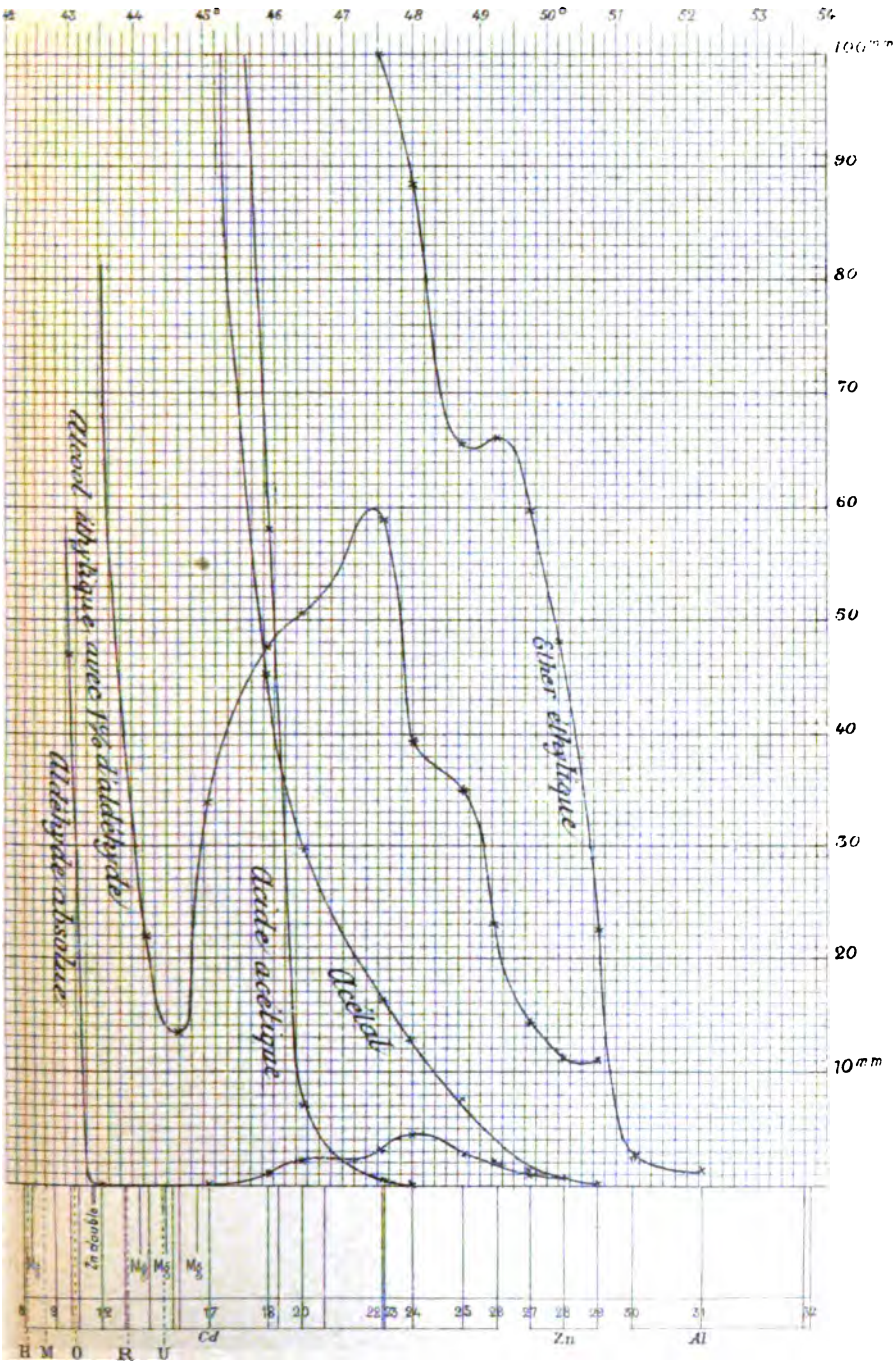
**ALDEHYDE ABSOLUE.**

» **DILUÉE.**

**ACÉTAL.**

**ÉTHER ÉTHYLIQUE.**

**ACIDE ACÉTIQUE.**







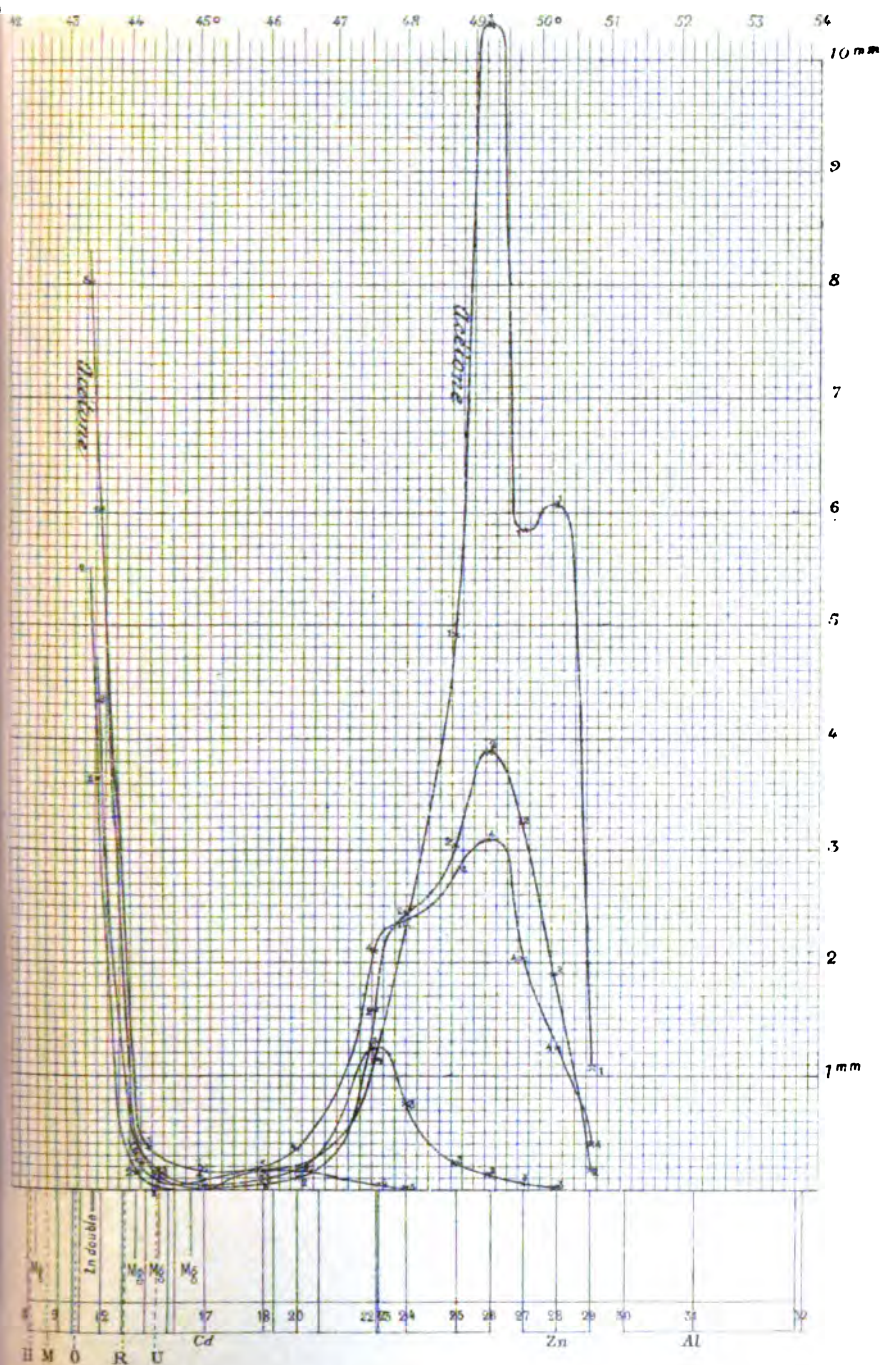


## KÉTONES

Échelle de 10 divisions pour 1<sup>mm</sup> d'épaisseur

*Courbe portant les*

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| N <sup>os</sup> 1. | <i>Acétone.</i>            |
| 2.                 | <i>Méthyléthylkétone.</i>  |
| 3.                 | <i>Méthylproxylkétone.</i> |
| 4.                 | <i>Méthylhexylkétone.</i>  |
| 5.                 | <i>Propione.</i>           |







## ÉTHERS SIMPLES

---

*Observations marquées des chiffres suivants :*

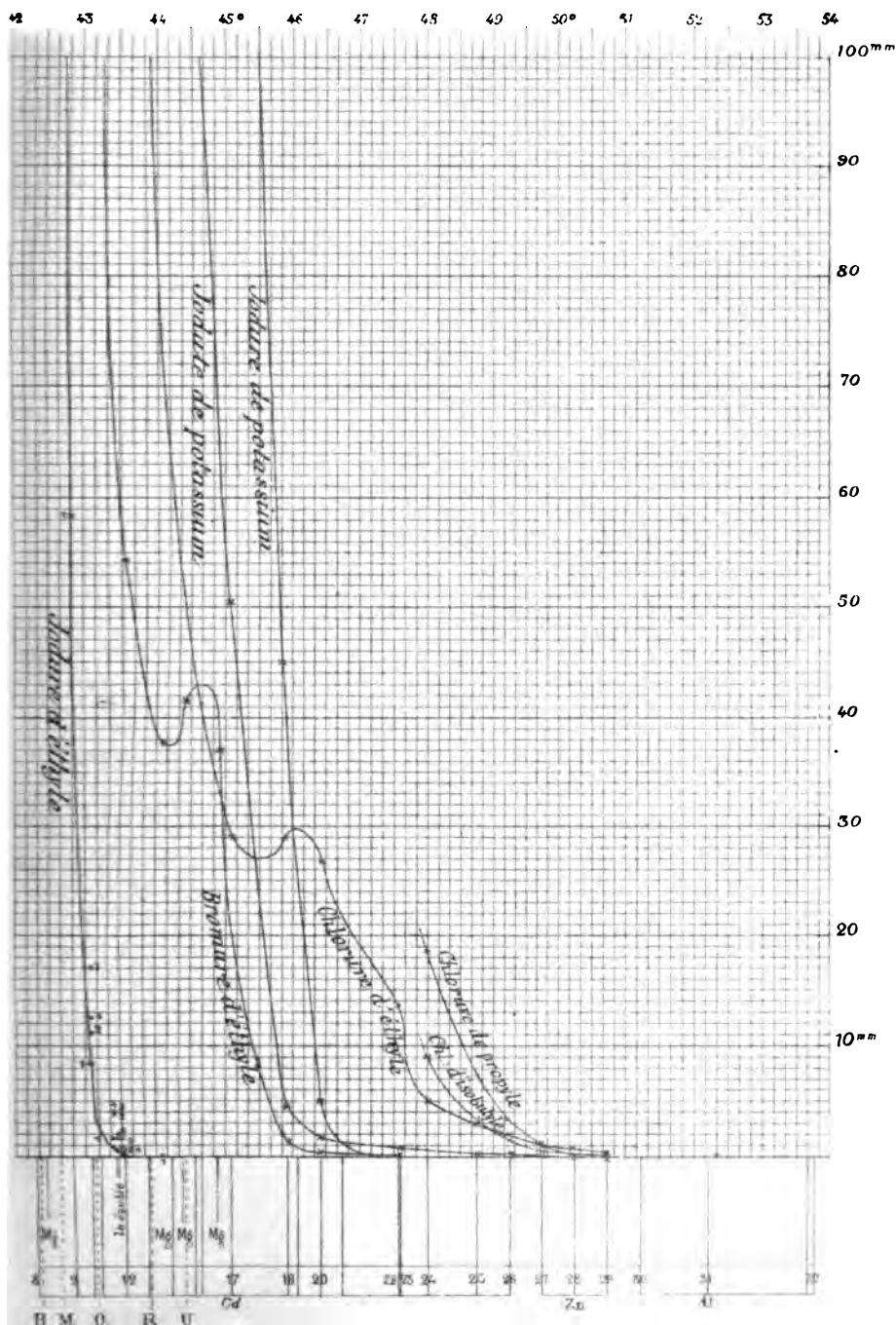
1.        *Iodure d'éthyle absolu.*
2.        »    *de propyle »*
3.        »    *d'isobutyle »*
4.        »    *d'amyle »*

*(La courbe de ces trois derniers produits n'est pas tracée.)*

*Les courbes des autres produits en portent l'intitulé.*

*L'iodure de potassium est au titre de 6<sup>gr</sup>,64 dans un litre (solution alcoolique), et l'iodate au titre de 8<sup>gr</sup>,56 (solution aqueuse).*

---









## ÉTHERS SIMPLES

Iodures, bromures et chlorures dilués

---

*Observations marquées des chiffres suivants :*

1. Iodure d'éthyle, sol. alcool. à 6<sup>er</sup>, 24 dans un litre.
2. » de propyle, » 6<sup>er</sup>, 8 »
3. » d'isobutyle, » 7<sup>er</sup>, 36 »
4. » d'amyle, » 7<sup>er</sup>, 92 »

*(La courbe de ces trois derniers produits n'est pas tracée.)*

*Les autres solutions sont aux titres suivants :*

*Iodure de potassium, sol. aqueuse, 6<sup>er</sup>, 64 dans un litre.*

» » alcool. 6<sup>er</sup>, 64 »

*Bromure d'éthyle. » » 4<sup>er</sup>, 36 »*

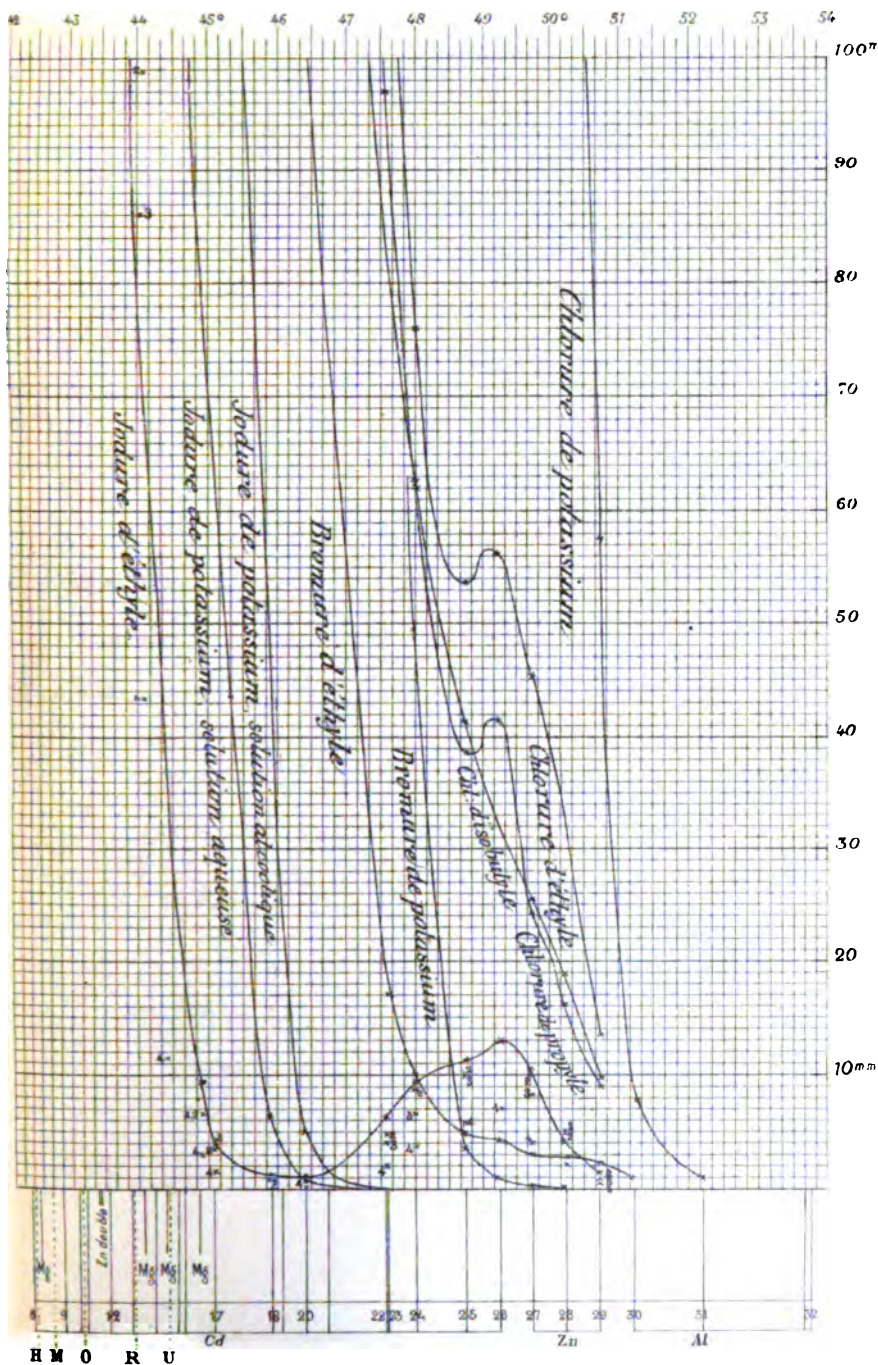
» de potass., » aqueuse, 4<sup>er</sup>, 76 »

*Chlorure d'éthyle, » alcool. 2<sup>er</sup>, 58 »*

» de propyle, » » 3<sup>er</sup>, 14 »

» d'isobutyle, » » 3<sup>er</sup>, 7 »

» de potassium, » aqueuse, 2<sup>er</sup>, 976 »







## ÉTHERS AZOTIQUES ET AZOTATES

---

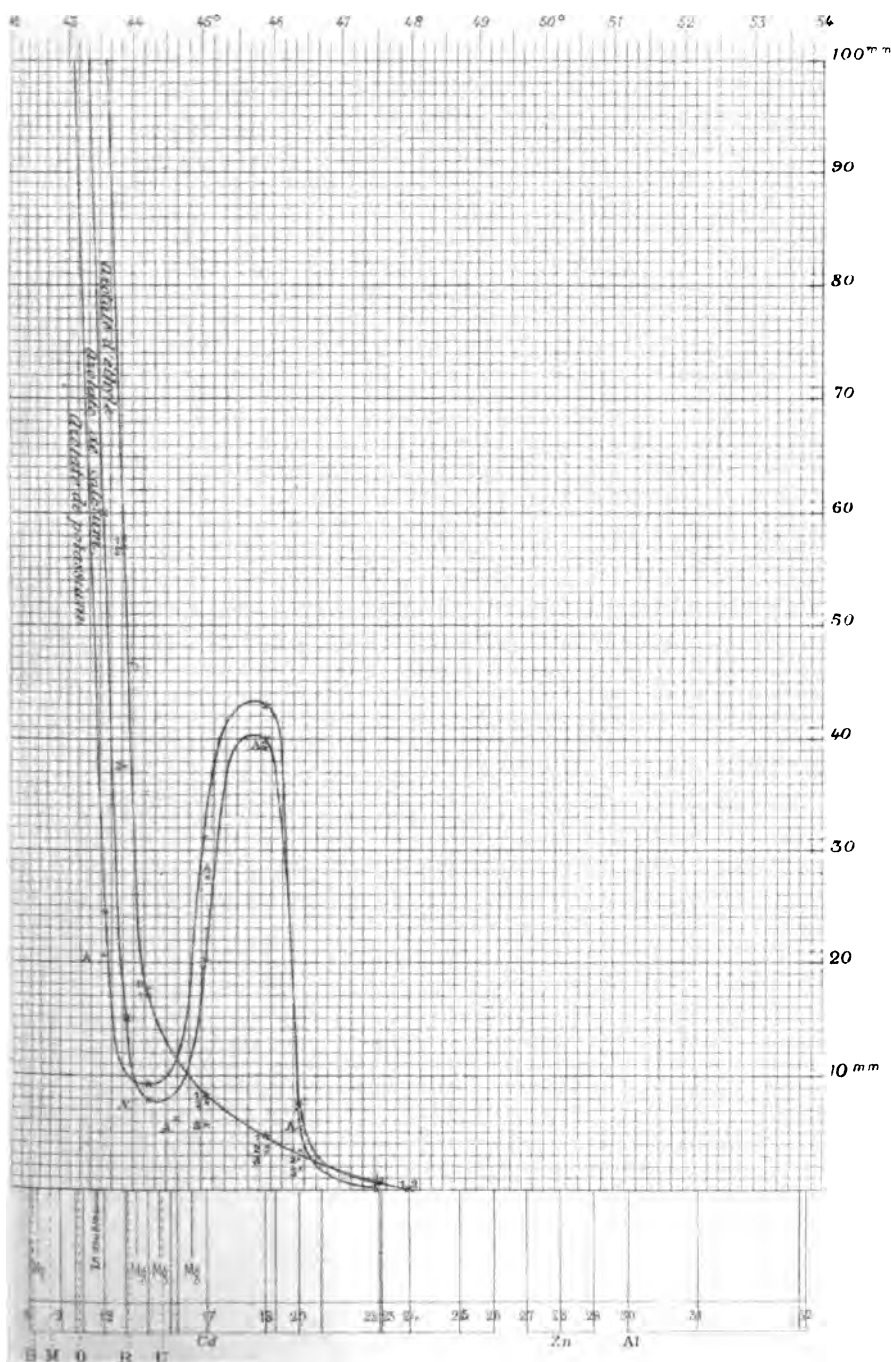
*En solution dans la proportion de 1 gr. d'azote dans un litre. La solution est alcoolique pour les éthers et l'azotate de calcium; elle est aqueuse pour les azotates de potassium et d'ammoniaque.*

*Les croix marquées du chiffre :*

- |    |   |                                   |
|----|---|-----------------------------------|
| 1, |   | se rapportent à l'azote d'éthyle. |
| 2, | » | » disobutyle.                     |
| 3, | » | » d'amyle.                        |

*(La courbe n'est pas tracée pour ces deux derniers produits).*

*Les croix marquées de la lettre A se rapportent à l'azotate d'ammoniaque.*



2





8



2

**ARCHIVES**  
**DES**  
**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

Genève. — Imprimerie Aubert-Schuchardt.

---

**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

---

**ARCHIVES**

**DES**

**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

**TROISIÈME PÉRIODE**

**TOME VINGT-QUATRIÈME**

---

**GENÈVE**

**BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18**

**LAUSANNE**

**GEORGES BRIDEL**

Place de la Louve, 1

**PARIS**

**G. MASSON**

Boulevard St-Germain, 130

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

---

**1890**



SUR LES  
ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE  
POUR LES CORPS EN REPOS

PAR

**M. H. HERTZ**<sup>1</sup>

Professeur à l'Université de Bonn.

---

Le système de notions et de formules par lequel Maxwell a réussi à obtenir la théorie des phénomènes électromagnétiques est plus riche et plus étendu, en tenant compte des ressources de développement dont il est susceptible, que tout autre des systèmes imaginés pour atteindre ce but. Il est certainement désirable que la forme d'une théorie si satisfaisante en elle-même se perfectionne le plus possible. La reconstruction du système devra laisser distinguer partout clairement les bases logiques sur lesquelles il repose, supprimer les notions accessoires et réduire à leur forme la plus simple les notions essentielles.

<sup>1</sup> *Nachrichten von der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-August-Universität zu Göttingen*. 19 mars, n° 4, 1890.

Cette traduction de l'étude théorique récemment publiée par M. Hertz a été revue par l'auteur qui a bien voulu ainsi lui donner, au point de vue de l'exactitude, une valeur que le lecteur appréciera.

(Réd.)



## 6 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

L'exposition de Maxwell lui-même est imparfaite à cet égard; elle vacille souvent entre les conceptions que Maxwell a trouvées formées avant lui et celles auxquelles il est parvenu. Maxwell accepte l'action à distance comme point de départ, il cherche les lois de la modification que cette action fait subir aux polarisations hypothétiques de l'éther diélectrique, et adopte comme conclusion que ces polarisations se modifient effectivement de cette façon mais que des forces à distance n'en sont pas la cause. Ce procédé laisse l'impression fâcheuse que, de la conclusion finale ou de la méthode pour y parvenir, l'une des deux est incorrecte. En outre il conserve des notions premières dont la signification disparaît avec l'ancienne théorie de l'action à distance. Telle est la distinction entre le déplacement électrique dans l'éther libre et la force électrique qui s'y développe, donnant lieu au rapport de ces deux quantités, à la constante diélectrique de l'éther. Maintenir de semblables distinctions impliquerait qu'en supprimant l'éther dans une portion d'espace on y laisse subsister l'action à distance. Elles pouvaient être conformes aux idées d'où Maxwell est parti mais ne le sont pas à celles auxquelles ses travaux nous ont conduits. Comme un autre exemple d'un principe élémentaire accessoire, je citerai le rôle dominant attribué au potentiel vecteur dans les équations fondamentales. Les potentiels se prêtaient à une théorie nouvelle en permettant de remplacer la force variable d'un point à l'autre par une quantité dont la valeur ne dépend que des points voisins, mais du moment que les forces elles-mêmes rentrent pour nous dans cette catégorie de grandeurs, il ne convient de leur substituer un potentiel que si cette transformation présente un avantage. C'est ce qui ne semble pas être le cas lorsqu'on

introduit le potentiel vecteur dans les équations fondamentales d'où l'on doit déduire des relations entre des grandeurs physiques et non entre des expressions analytiques.

Ces imperfections de forme rendent difficile l'usage de la théorie de Maxwell. C'est en cherchant à l'appliquer à des cas particuliers que depuis longtemps je me suis efforcé de réduire le nombre des formules de Maxwell, et d'en rendre la véritable signification indépendante de la forme accidentelle sous laquelle elles se sont d'abord présentées. M. Oliver Heaviside a commencé déjà en 1885 à s'occuper d'un travail analogue. Les notions qu'il élimine des équations de Maxwell sont les mêmes que j'élimine aussi, et la forme simplifiée qu'il leur donne concorde, à quelques détails d'expression près, avec celle que j'obtiens<sup>1</sup>. Quant à ces équations la priorité appartient donc à M. Heaviside, mais j'espère que cette étude ne semblera pas superflue. C'est un exposé qui ne prétend pas être définitif, mais offrir des ressources nouvelles pour des améliorations plus étendues.

Je partage le sujet en deux parties. Dans la première partie A je donne les notions fondamentales et les formules qui les font dépendre les unes des autres. Les formules sont commentées, mais ces éclaircissements ne sont pas des démonstrations des formules. Les énoncés sont plutôt envisagés comme des faits d'observation et leur preuve est d'ordre expérimental. Ce n'est pas toutefois chacune des formules mais leur ensemble considéré comme un tout qu'il peut être question de vérifier par leur ac-

<sup>1</sup> On trouve ces équations dans le *Philosophical Magazine*, février 1888. Un travail antérieur a paru dans l'*Électricien* en 1886, mais je n'ai pas pu en prendre connaissance.

## 8 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

cord avec les faits. Il n'en est guère autrement pour le système des équations de la mécanique ordinaire. Dans la seconde partie B j'établis comment on peut déduire des formules d'une manière systématique les résultats susceptibles d'être constatés par l'observation et par conséquent les vérifier. Cette partie comporterait une grande extension si on la traitait en entrant dans les questions de détail, mais il ne peut s'agir ici que d'indications sommaires.

### A. LES NOTIONS FONDAMENTALES ET LEUR LIAISON.

#### 1. *La force électrique et la force magnétique.*

L'intérieur de tous les corps, y compris l'éther libre, peut sortir d'un état de repos indifférent en subissant deux sortes de perturbations que nous désignons par électriques et magnétiques. Nous ignorons la nature même de ces perturbations et connaissons seulement les phénomènes qui en résultent. Admettant que ceux-ci sont connus, nous en déduisons les rapports géométriques des variations d'état. Les perturbations de l'espèce électrique et de l'espèce magnétique sont liées entre elles par cette condition que les unes peuvent exister d'une manière permanente, indépendamment des autres, et qu'au contraire des perturbations, soit d'une espèce soit de l'autre ne peuvent pas subir des variations en fonction du temps sans que des perturbations de l'autre espèce se produisent. La production du changement d'état suppose un emploi d'énergie; cette énergie est restituée par la disparition de la perturbation; l'existence de la perturba-

tion implique donc l'existence d'une énergie disponible. En un point quelconque la variation d'état relative à l'une ou à l'autre espèce de perturbation peut différer par la direction, le sens et la grandeur. Il est donc nécessaire pour la détermination de l'état électrique ou magnétique de considérer une grandeur dirigée ou ses trois composantes. Mais une première et importante hypothèse de notre théorie consiste à admettre qu'une seule grandeur dirigée suffit pour déterminer complètement la variation d'un seul état, soit électrique soit magnétique. Certains phénomènes, par exemple le magnétisme permanent, la dispersion de la lumière, etc., ne peuvent pas être rattachés à ce point de départ, mais exigent que les états respectivement électrique et magnétique du point considéré soient exprimés par plus d'une variable. Il faut donc exclure ces phénomènes du domaine auquel nos déductions sont applicables.

Nous appelons force électrique une grandeur dirigée dont dépend l'état électrique. Pour fixer les idées nous la définissons par la force mécanique dont un corps électrisé donné détermine la production, lorsqu'il se trouve dans un espace vide où a lieu une perturbation électrique. Dans le vide nous posons en principe que la composante de la force électrique suivant une direction quelconque est proportionnelle à la composante de la force mécanique. Nous appelons force électrique dans l'intérieur d'un corps la force électrique qui se produirait au point considéré dans l'intérieur d'une cavité cylindrique infiniment étroite ayant la direction de la force, supposition que l'on peut réaliser toujours. Quelle que soit la relation entre la force ainsi mesurée et la variation d'état, celle-ci, d'après notre hypothèse, se trouve complètement déterminée par la pre-

## 10 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

mière. En remplaçant le mot électrique par le mot magnétique, et le corps auxiliaire électrisé par un pôle magnétique, nous obtenons la définition de la force magnétique. Afin de fixer le sens des forces nous convenons que le corps électrisé est chargé d'électricité vitrée et que le pôle magnétique employé est celui qui se dirige vers le nord. Les composantes de la force électrique suivant les  $x, y, z$  sont désignées par  $X, Y, Z$ , celles de la force magnétique par  $L, M, N$ .

### 2. *Énergie du champ.*

L'énergie électrique disponible d'un volume d'un corps dans l'intérieur duquel la force électrique a une valeur constante est une fonction homogène et du second degré des trois composantes de la force électrique. Le même énoncé s'applique à l'énergie magnétique disponible. L'énergie disponible totale que nous appelons énergie disponible électromagnétique est la somme des deux précédentes.

Pour un corps isotrope la quantité d'énergie de chaque espèce est d'après cela égale au produit du carré de la force correspondante et d'une constante. Celle-ci peut-être différente pour l'énergie électrique et l'énergie magnétique et dépend de la substance du corps ainsi que du choix des unités d'énergie et de force. Nous convenons de mesurer l'énergie d'après la mesure en valeur absolue de Gauss et de choisir l'unité de force de telle manière que la valeur de la constante dans l'éther libre soit  $1/8\pi$ , en sorte que l'énergie de l'unité de volume de l'éther subissant une perturbation est égale à

$$\frac{1}{8\pi} (X^2 + Y^2 + Z^2) + \frac{1}{8\pi} (L^2 + M^2 + N^2).$$

En mesurant ainsi la force, nous disons que nous la mesurons en mesure absolue de Gauss <sup>1</sup>. La dimension de la force électrique ou magnétique est telle que son carré a la dimension d'une énergie rapportée à l'unité de volume; cette dimension est donc, d'après la notation usitée, représentée par  $M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$ .

Pour tout corps pondérable isotrope nous pouvons maintenant, d'après ce qui précède, exprimer l'énergie de l'unité de volume par

$$\frac{\epsilon}{8\pi} (X^2 + Y^2 + Z^2) + \frac{\mu}{8\pi} (L^2 + M^2 + N^2).$$

Les constantes qu'on vient d'introduire,  $\epsilon$  et  $\mu$ , sont nécessairement des nombres positifs. Nous appelons  $\epsilon$  la constante diélectrique et  $\mu$  la constante magnétique de la substance. Il est évident que  $\epsilon$  et  $\mu$  sont des rapports numériques par lesquels l'énergie d'une substance est comparée à celle d'une autre. La nature d'une substance considérée en elle-même ne suffit pas pour en déterminer la valeur, ce que nous exprimons lorsque nous disons que les constantes diélectrique et magnétique ne sont pas une constante intérieure de la substance. Il n'est pas incorrect de dire que ces constantes sont égales à l'unité pour l'éther, mais cette assertion n'implique aucun fait expérimental, seulement une convention arbitraire.

Pour les corps cristallisés, l'énergie de l'unité de volume devient égale à

<sup>1</sup> Voir H. Helmholtz. *Wiedemanns Annalen*, Bd. 17, p. 42, 1882.

$$\frac{1}{8\pi} (\epsilon_{11}X^2 + \epsilon_{22}Y^2 + \epsilon_{33}Z^2 + 2\epsilon_{12}XY + 2\epsilon_{23}YZ + 2\epsilon_{13}XZ) \\ + \frac{1}{8\pi} (\mu_{11}L^2 + \mu_{22}M^2 + \mu_{33}N^2 + 2\mu_{12}LM + 2\mu_{23}MN + 2\mu_{13}LN).$$

Par un choix possible d'axes on peut transformer l'une ou l'autre des deux parties de cette expression en une somme de trois carrés. Il est très vraisemblable que les mêmes axes donnent lieu à cette simplification pour les deux parties. Les  $\epsilon$  et les  $\mu$  sont assujettis à la condition d'être tels que dans la transformation en une somme de carrés les coefficients des carrés soient tous positifs.

### 3. Relation des forces dans l'éther.

Le système d'axes choisi est tel que l'axe des  $x$  positifs étant dirigé en avant par rapport à l'origine, et celui des  $z$  positifs en haut, l'axe des  $y$  positifs va de gauche à droite. En admettant cette disposition, les forces électrique et magnétique dans l'éther dépendent l'une de l'autre par les équations suivantes :

$$\begin{array}{ll} A \frac{dL}{dt} = \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} & A \frac{dX}{dt} = \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} \\ 3a. \quad A \frac{dM}{dt} = \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} & 3b. \quad A \frac{dY}{dt} = \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} \\ A \frac{dN}{dt} = \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} & A \frac{dZ}{dt} = \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} \end{array}$$

auxquelles se joignent dans l'éther libre sans incompatibilité les deux équations

$$3c. \quad \frac{dL}{dx} + \frac{dM}{dy} + \frac{dN}{dz} = 0, \quad \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} = 0$$

qui n'ont pas d'analogue dans la matière pondérable.

Ces équations une fois trouvées, il ne semble pas qu'il soit resté opportun de les déduire de considérations sur la constitution électrique et magnétique de l'éther et sur la nature des forces agissantes, comme de données mieux connues, ainsi que l'indiquerait la méthode historique. Il convient bien mieux au contraire de rattacher à ces équations de nouvelles vues sur la constitution de l'éther.

Comme les dimensions des  $L$ ,  $M$ ,  $N$  et des  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  sont les mêmes, la constante  $A$  est la réciproque d'une vitesse. Elle est une constante intérieure de l'éther, et par cette expression nous entendons que sa valeur ne dépend ni de la présence d'un autre corps ni d'aucune convention arbitraire de notre part.

Nous multiplions toutes nos équations par  $d\tau/4\pi A$ , puis chacune dans leur ordre respectif par  $L$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  et nous les additionnons. Nous intégrons les deux membres de l'équation obtenue relativement à un certain espace limité pour lequel la normale à l'élément de surface  $d\omega$  fait avec les axes de coordonnées les angles  $n, x, n, y, n, z$ . Pour le second membre, l'intégration s'effectue partiellement et nous obtenons :

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \int \left\{ \frac{1}{8\pi} (X^2 + Y^2 + Z^2) + \frac{1}{8\pi} (L^2 + M^2 + N^2) \right\} d\tau \\ &= \frac{1}{4\pi A} \int \{ (NY - MZ) \cos n, x + (LZ - NX) \cos n, y \\ & \quad + (MX - LY) \cos n, z \} d\omega. \end{aligned}$$



## 14 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

L'intégrale du premier membre est l'énergie électromagnétique du volume; l'équation donne donc la variation de cette énergie exprimée par des grandeurs qui se rapportent à la surface seulement de l'espace considéré.

### 4. Isolants isotropes.

Dans les isolants homogènes isotropes les phénomènes ont lieu, sous le rapport qualitatif, de la même manière que dans l'éther libre. Sous le rapport quantitatif, la différence consiste en premier lieu en ce que la constante intérieure a une valeur différente de celle de l'éther, et en second lieu en ce que l'énergie disponible contient les constantes  $\epsilon$  et  $\mu$  de la manière déjà fixée. Nous nous conformons à cet énoncé et nous satisfaisons aux faits expérimentaux en faisant :

$$\begin{array}{ll}
 A\mu \frac{dL}{dt} = \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} & A\epsilon \frac{dX}{dt} = \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} \\
 4a. \quad A\mu \frac{dM}{dt} = \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} & 5b. \quad A\epsilon \frac{dY}{dt} = \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} \\
 A\eta \frac{dN}{dt} = \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} & A\epsilon \frac{dZ}{dt} = \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx}
 \end{array}$$

Supposons en effet pour un instant que les forces dans un isolant soient mesurées d'après le principe établi pour leur mesure dans l'éther libre, et remplaçons par conséquent dans ces équations  $X, Y, Z$  par  $X/\sqrt{\epsilon}, Y/\sqrt{\epsilon}, Z/\sqrt{\epsilon}$ , et de même  $L, M, N$  par  $L/\sqrt{\epsilon}, M/\sqrt{\epsilon}, N/\sqrt{\epsilon}$ , elles prennent bien une forme identique à celles de l'éther sauf que la grandeur  $A$  est remplacée par  $A/\sqrt{\epsilon\mu}$ . Si

d'autre part nous conservons le mode adopté de mesures des forces, nous trouvons que les équations donnent pour l'énergie l'expression voulue. En effet, les mêmes opérations qu'au paragraphe précédent donnent ici :

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \int \left\{ \frac{\varepsilon}{8\pi} (X^2 + Y^2 + Z^2) + \frac{\mu}{8\pi} (L^2 + M^2 + N^2) \right\} d\tau \\ &= \frac{1}{4\pi A} \int \{ (NY - MZ) \cos n, x + (LZ - NX) \cos n, y \\ & \quad + (MX - LY) \cos n, z \} d\omega. \end{aligned}$$

Les principes généraux qui nous ont permis d'établir nos équations nous font défaut si nous ne pouvons plus considérer l'isolant comme homogène. On peut donc douter si dans ce cas les équations soient encore valables. L'expérience générale résout la question dans un sens affirmatif, et il en résulte que dans les équations 4 a et 4 b les quantités  $\varepsilon$  et  $\mu$  peuvent devenir des variables dépendant du point considéré.

### 5. Isolants cristallisés.

Nous obtenons une interprétation des mêmes principes, pour les cas des corps dont la constitution est variable avec la direction et où d'autre part les propriétés électromagnétiques deviennent celles des isolants isotropes lorsque l'anisotropisme tend à disparaître, en considérant, dans le premier membre des équations, la variation par rapport au temps des forces comme étant des fonctions linéaires, aussi générales que possible, de la variation de l'autre espèce des forces dans le second

## 16 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

membre. La généralité de la forme de ces fonctions linéaires et le choix des constantes seront toutefois soumis à des restrictions; il faudra que l'on puisse continuer à procéder par la même opération pour exprimer la variation de l'énergie et qu'en le faisant on obtienne la forme voulue. Moyennant ces considérations nous sommes conduits aux équations suivantes dans lesquelles rentrent les phénomènes les plus importants :

$$\begin{aligned}
 & A\left(\mu_{11} \frac{dL}{dt} + \mu_{12} \frac{dM}{dt} + \mu_{13} \frac{dN}{dt}\right) = \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} \\
 5a. \quad & A\left(\mu_{12} \frac{dL}{dt} + \mu_{22} \frac{dM}{dt} + \mu_{23} \frac{dN}{dt}\right) = \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} \\
 & A\left(\mu_{13} \frac{dL}{dt} + \mu_{23} \frac{dM}{dt} + \mu_{33} \frac{dN}{dt}\right) = \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} \\
 & A\left(\epsilon_{11} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{12} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{13} \frac{dZ}{dt}\right) = \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} \\
 5b. \quad & A\left(\epsilon_{12} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{22} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{23} \frac{dZ}{dt}\right) = \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} \\
 & A\left(\epsilon_{13} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{23} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{33} \frac{dZ}{dt}\right) = \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx}
 \end{aligned}$$

L'équation pour la variation de l'énergie d'un espace donne le même résultat que dans les paragraphes 3 et 4 en tenant compte de l'expression de l'énergie, dans les corps cristallisés. Il n'est pas non plus nécessaire, dans les équations de ce paragraphe-ci, de considérer  $\epsilon$  et  $\mu$  comme des constantes, mais ces quantités peuvent être variables avec le point.

### 6. *Distribution des forces dans les conducteurs.*

Dans les corps considérés jusqu'ici, toute variation de la force électrique paraît dépendre de l'état préalable de la force magnétique. Si les forces magnétiques sont nulles dans tout l'intérieur d'un espace fini toute cause de variation fait défaut et une distribution donnée des forces électriques persiste invariablement aussi longtemps qu'une perturbation franchissant les limites de l'espace considéré n'y pénètre pas. Dans un grand nombre de corps au contraire la force électrique laissée à elle-même disparaît plus ou moins rapidement et dans les corps de cette espèce les forces magnétiques ou d'autres causes sont nécessaires pour s'opposer à cette tendance.

Pour des raisons qui seront exposées plus loin nous appelons ces corps conducteurs. L'hypothèse la plus simple à faire à leur sujet est en premier lieu que la perte subie par la force électrique dans l'unité de temps est proportionnelle à la force elle-même, et en second lieu qu'indépendamment de cette perte les forces magnétiques tendent à déterminer les mêmes variations que dans les autres corps. Introduisant une nouvelle constante  $\lambda$ , le premier principe énoncé revient à admettre que la composante  $X$  laissée à elle-même se modifie d'après l'équation  $A\epsilon dX/dt = -4\pi\lambda AX$ . Le second complète le premier en exprimant que si les forces magnétiques existent la modification a lieu d'après l'équation  $A\epsilon dX/dt = dM/dz - dN/dy - 4\pi\lambda AX$ . La constante  $\lambda$  s'appelle la conductibilité spécifique du corps mesurée dans le système électrostatique. Sa dimension est la réciproque d'une durée. La grandeur,  $\epsilon/4\pi\lambda$  est par consé-

## 18 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

quent une durée; c'est le temps qu'il faut pour qu'une force laissée à elle-même devienne la  $e$  ième partie de sa valeur initiale, et qu'on a appelé temps de relaxation. Cette grandeur est, ainsi que l'a fait ressortir le premier M. E. Cohn<sup>1</sup>, distincte de  $\lambda$  et constitue une seconde constante intérieure du corps qui est complètement déterminée sans la considération auxiliaire d'un second milieu.

Nos énoncés nous conduisent ainsi par induction aux équations suivantes qui satisfont aux faits d'observation :

$$\begin{aligned} A_{\mu} \frac{dL}{dt} &= \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} & A_{\epsilon} \frac{dX}{dt} &= \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} - 4\pi\lambda AX \\ 6a. \quad A_{\mu} \frac{dM}{dt} + \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} & & 6b. \quad A_{\epsilon} \frac{dY}{dt} &= \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} - 4\pi\lambda AY \\ A_{\mu} \frac{dN}{dt} &= \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} & A_{\epsilon} \frac{dZ}{dt} &= \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} - 4\pi\lambda AZ. \end{aligned}$$

Ces équations ne s'appliquent évidemment qu'aux corps isotropes, mais n'exigent pas nécessairement, comme nous l'avons laissé implicitement admis, que les corps soient homogènes. Avant toutefois de pouvoir les appliquer au cas d'un corps non homogène, nos équations ont besoin d'une certaine extension. En effet lorsque la constitution d'un corps varie d'un point à l'autre, la force électrique laissée à elle-même ne diminue pas jusqu'à devenir nulle mais tend vers une certaine limite différente de zéro. Nous appelons cette valeur dont les com-

<sup>1</sup> Consulter à ce sujet et relativement à la manière dont la grandeur  $\lambda$  est introduite ici : E. Cohn, *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* Band, XXVI, p. 405.

posantes sont  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  force électromotrice effective au point donné. Nous la supposons indépendante du temps; elle est en général d'autant plus grande que la variation de constitution chimique pour l'unité de longueur est grande elle-même. Nous tenons compte de l'action de la force électromotrice en évaluant la diminution de la force électrique laissée à elle-même comme étant proportionnelle non à sa valeur absolue mais à la différence entre cette valeur absolue et la valeur limite. Nos équations pour des conducteurs dont la structure donne lieu à la production de la force électromotrice deviennent ainsi :

$$\begin{aligned} A_{\mu} \frac{dL}{dt} &= \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} & A_{\epsilon} \frac{dX}{dt} &= \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} - 4\pi\lambda A(X-X') \\ 6c. \quad A_{\mu} \frac{dM}{dt} &= \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} & 6d. \quad A_{\epsilon} \frac{dY}{dt} &= \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} - 4\pi\lambda A(Y-Y') \\ A_{\mu} \frac{dN}{dt} &= \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} & A_{\epsilon} \frac{dZ}{dt} &= \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} - 4\pi\lambda A(Z-Z'). \end{aligned}$$

### 7. Conducteurs anisotropes.

Si le conducteur est d'une constitution variable avec la direction, nous n'avons plus lieu d'admettre que la perte de chaque composante de la force laissée à elle-même dépend de cette seule composante, mais il est plausible de la supposer une fonction linéaire des trois composantes. Si de plus nous posons en principe que pour un pouvoir conducteur tendant vers zéro les équations tendent vers celles des isolants anisotropes, nous obtenons le système suivant :

$$\begin{aligned}
& A\left(\mu_{11} \frac{dL}{dt} + \mu_{12} \frac{dM}{dt} + \mu_{13} \frac{dN}{dt}\right) = \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} \\
7a. \quad & A\left(\mu_{12} \frac{dL}{dt} + \mu_{22} \frac{dM}{dt} + \mu_{23} \frac{dN}{dt}\right) = \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} \\
& A\left(\mu_{13} \frac{dL}{dt} + \mu_{23} \frac{dM}{dt} + \mu_{33} \frac{dN}{dt}\right) = \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} \\
& A\left(\epsilon_{11} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{12} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{13} \frac{dZ}{dt}\right) = \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} \\
& \quad - 4\pi A \{\lambda_{11}(X-X') + \lambda_{12}(Y-Y') + \lambda_{13}(Z-Z')\} \\
7b. \quad & A\left(\epsilon_{12} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{22} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{23} \frac{dZ}{dt}\right) = \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} \\
& \quad - 4\pi A \{\lambda_{21}(X-X') + \lambda_{22}(Y-Y') + \lambda_{23}(Z-Z')\} \\
& A\left(\epsilon_{13} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{23} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{33} \frac{dZ}{dt}\right) = \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} \\
& \quad - 4\pi A \{\lambda_{31}(X-X') + \lambda_{32}(Y-Y') + \lambda_{33}(Z-Z')\}.
\end{aligned}$$

Il est très vraisemblable que pour tous les corps existants  $\lambda_{1,1} = \lambda_{2,1}, \lambda_{3,1} = \lambda_{1,2}, \lambda_{2,2} = \lambda_{3,2}$ .

Les constantes  $\epsilon$  et  $\mu$  peuvent, aussi dans les équations de ce paragraphe, être supposées variables avec le point.

### 8. Conditions aux limites.

On voit aisément que les équations 7a et 7b, comprennent tous les cas précédents, y compris celui de l'éther libre en disposant convenablement des constantes. Or comme ces constantes peuvent devenir des fonctions de la position du point, la surface de séparation de deux

corps hétérogènes peut elle-même être assimilée à une couche de transition dans laquelle les constantes varient, il est vrai, avec une rapidité extrême, mais où cette variation toutefois ne cesse pas d'être assujettie aux mêmes équations qui continuent à exprimer des relations entre les valeurs restées finies de ces constantes et les valeurs restées finies des forces. Afin de déduire les conditions aux limites de cette explication théorique des résultats expérimentaux, il convient, pour plus de simplicité, de faire coïncider l'élément de surface de séparation avec le plan  $xy$ .

Ne tenant pas compte d'abord de la force électromotrice qui se produit entre les deux corps en contact, remarquons que dans les deux premières des équations 7a et 7b, d'après ce que nous venons d'établir, les quantités  $dX/dz$ ,  $dY/dz$ ,  $dM/dz$ ,  $dN/dz$  doivent rester finies même dans l'intérieur de la couche de passage. Si donc l'indice 1 désigne l'un des côtés et l'indice 2 l'autre côté de la couche, il faut que

$$\begin{array}{ll} 8a. & \begin{array}{l} Y_2 - Y_1 = 0 \\ X_2 - X_1 = 0 \end{array} & 8b. & \begin{array}{l} M_2 - M_1 = 0 \\ L_2 - L_1 = 0. \end{array} \end{array}$$

Ainsi les composantes tangentiales de la force se transmettent sans changement au travers de la couche. En tenant compte de ce résultat dans les troisièmes des équations 7a et 7b, il en résulte que les expressions

$$\mu_{13} \frac{dL}{dt} + \mu_{23} \frac{dM}{dt} + \mu_{33} \frac{dN}{dt}$$

et

$$\epsilon_{13} \frac{dX}{dt} + \epsilon_{23} \frac{dY}{dt} + \epsilon_{33} \frac{dZ}{dt} + 4\pi(\lambda_{31}X + \lambda_{32}Y + \lambda_{33}Z)$$



## 22 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

doivent avoir la même valeur sur l'une et l'autre face de la couche limite. Cet énoncé qui donne la relation entre les composantes normales de la force des deux côtés de la surface de séparation prend dans le cas d'un corps isotrope la forme simple suivante :

$$8c. \quad \mu_1 \frac{dN_1}{dt} - \mu_2 \frac{dN_2}{dt} = 0$$

$$8d. \quad \varepsilon_1 \frac{dZ_1}{dt} - \varepsilon_2 \frac{dZ_2}{dt} = -4\pi(\lambda_1 Z_1 - \lambda_2 Z_2).$$

Cessant maintenant de supprimer la production d'une force électromotrice dans la surface limite, nous devons admettre, pour rendre compte des faits, que la composante normale de cette force, c'est-à-dire  $Z'$ , devient infinie dans la couche de passage mais avec la condition que l'intégrale étendue à l'épaisseur de la couche,  $\int Z'dz$ , conserve une valeur finie qui est déterminée expérimentalement, sans qu'il soit possible d'en rien déduire sur la variation de  $Z'$ . De plus nous satisfaisons aux principes développés dans ce paragraphe en admettant que dans la couche de passage, outre  $L$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $X$ ,  $Z$ , la quantité  $Z - Z'$  reste finie. Ainsi  $Z$  devient infini, mais nous n'en pouvons pas moins conserver à  $dZ/dt$  une valeur finie. Nous faisons de plus

$$8e. \quad \int Zdz = \int Z'dz = \varphi_{1,2}.$$

Si maintenant, après les avoir multipliées par  $dz$ , nous intégrons relativement à l'épaisseur de la couche de passage les deux premières des équations 7a et 7b, comme à cause de la petitesse de la ligne d'intégration l'intégrale

de toute grandeur finie s'annule, nous obtenons les conditions :

$$\begin{array}{ll} 8f. & Y_2 - Y_1 = \frac{d\varphi_{1,2}}{dy} \qquad M_2 - M_1 = 0 \\ & X_2 - X_1 = \frac{d\varphi_{1,2}}{dx} \qquad 8g. \quad N_2 - N_1 = 0 \end{array}$$

De ces résultats reportés dans les troisièmes des équations 7a et 7b, il résulte pour la détermination de la force normale que des deux côtés de la surface de séparation la valeur des expressions

$$\begin{aligned} & \mu_{13} \frac{dL}{dt} + \mu_{23} \frac{dM}{dt} + \mu_{33} \frac{dN}{dt} \\ & \varepsilon_{13} \frac{dX}{dt} + \varepsilon_{23} \frac{dY}{dt} + \varepsilon_{33} \frac{dZ}{dt} + 4\pi \{ \lambda_{31}(X - X') + \lambda_{32}(Y - Y') \\ & \qquad \qquad \qquad + \lambda_{33}(Z - Z') \} \end{aligned}$$

doit être la même. Si les corps sont homogènes de part et d'autre de la surface, l'existence de la force électromotrice n'entre pour rien dans les relations entre les forces qui sont en action des deux côtés.

Comme nos conditions aux limites ne sont autre chose que les équations générales 7a et 7b transformées pour satisfaire à certaines particularités, nous pouvons supposer tout énoncé et toute opération relatives à ces équations générales étendues à des corps hétérogènes pourvu que cette extension n'implique pas d'impossibilité mathématique, c'est-à-dire pourvu que ces énoncés et ces opérations donnent lieu, soit immédiatement soit après une transformation indiquée, à des expressions finies et déter-

## 24 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

minées. Nous aurons souvent recours à ce principe. Si en général nous nous abstenons de démontrer que toutes les expressions obtenues sont finies et déterminées, ce n'est pas que cette démonstration nous paraisse superflue, mais c'est parce que, dans tous les cas à considérer, elle a été depuis longtemps donnée ou qu'on peut l'obtenir d'après des procédés connus.

Chacun des paragraphes précédents a augmenté le nombre des faits d'observation que comprend la théorie. Ne donnant que de nouvelles désignations, les paragraphes qui suivent ont une autre tendance. Ils ne forment qu'une partie auxiliaire de la théorie, leur valeur consiste soit dans un procédé de simplification, soit dans un moyen de relier notre théorie aux anciennes notions de la science de l'électricité.

### 9. *Polarisation électrique et magnétique.*

En tant que nos équations se rapportent à des milieux isotropes, chacune donne la valeur, pour l'instant immédiatement ultérieure, d'une des grandeurs physiques considérées exprimée comme fonction sans ambiguïté de l'état actuel. Cette forme des équations est avantageuse au point de vue mathématique parce qu'elle implique que les équations détermineront complètement le développement de toute modification arbitrairement introduite quelle qu'elle soit. Elle est satisfaisante aussi au point de vue spéculatif, parce qu'elle fait connaître par le premier membre de l'équation l'état futur et par le second membre, comme cause du premier, l'état présent. Celles de nos équations

qui se rapportent aux milieux anisotropes n'ont pas une forme également simple, puisque le premier membre ne représente pas la variation d'une seule quantité mais une fonction de ces variations. Toutefois, comme ces fonctions sont linéaires, il est possible, en résolvant les équations par rapport aux variations séparées, de leur donner la forme voulue. Un autre moyen d'obtenir ce résultat consiste à introduire les quantités que nous désignons par polarisations. Nous faisons :

$$\begin{array}{ll} \mathfrak{L} = \mu_{11}L + \mu_{12}M + \mu_{13}N & \mathfrak{X} = \epsilon_{11}X + \epsilon_{12}Y + \epsilon_{13}Z \\ 9c. \mathfrak{M} = \mu_{12}L + \mu_{22}M + \mu_{23}N & 9d. \mathfrak{Y} = \epsilon_{12}X + \epsilon_{22}Y + \epsilon_{23}Z \\ \mathfrak{N} = \mu_{13}L + \mu_{23}M + \mu_{33}N & \mathfrak{Z} = \epsilon_{13}X + \epsilon_{23}Y + \epsilon_{33}Z \end{array}$$

et appelons la résultante des  $\mathfrak{L}, \mathfrak{M}, \mathfrak{N}$  la polarisation magnétique et la résultante des  $\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z}$  la polarisation électrique. Pour les milieux isotropes, les polarisations et les forces ont la même direction et le rapport des premières aux secondes se trouve être respectivement la constante diélectrique et la constante magnétique. Pour l'éther les polarisations et les forces sont identiques. En introduisant les polarisations dans le premier membre de nos équations, chaque équation donne la variation d'une seule composante de polarisation, en fonction des forces à l'instant correspondant. Comme les forces sont des fonctions linéaires des polarisations, il est aisé d'introduire les polarisations également dans le second membre. Nous aurions ainsi substitué à la grandeur dirigée par laquelle nous avons en premier lieu représenté l'état électromagnétique, à la force, la polarisation qui lui est équivalente mais ne saurait pas présenter beaucoup d'avantages. Le fait que la considération simultanée des polarisations et des forces simplifie notablement les équations, indique qu'il

## 26 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

faut au moins deux grandeurs dirigées pour l'expression complète soit de l'état électrique soit de l'état magnétique.

Afin de simplifier davantage nos équations, nous faisons

$$\begin{aligned} u &= \lambda_{11}(X - X') + \lambda_{12}(Y - Y') + \lambda_{13}(Z - Z') \\ 9e \quad v &= \lambda_{21}(X - X') + \lambda_{22}(Y - Y') + \lambda_{23}(Z - Z') \\ w &= \lambda_{31}(X - X') + \lambda_{32}(Y - Y') + \lambda_{33}(Z - Z'). \end{aligned}$$

Pour des raisons que l'on trouvera dans le paragraphe suivant nous appelons  $u, v, w$  les composantes (mesurées électrostatiquement) du courant électrique.

Nos équations les plus générales prennent maintenant la forme :

$$\begin{aligned} A \frac{d\mathfrak{z}}{dt} &= \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} & A \frac{d\mathfrak{x}}{dt} &= \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} - 4\pi Au \\ 9a. \quad A \frac{d\mathfrak{y}}{dt} &= \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} & 9b. \quad A \frac{d\mathfrak{y}}{dt} &= \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} - 4\pi Av \\ A \frac{d\mathfrak{y}}{dt} &= \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} & A \frac{d\mathfrak{z}}{dt} &= \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} - 4\pi Aw \end{aligned}$$

et l'expression de l'énergie électromagnétique de l'unité de volume devient par l'introduction des polarisations :

$$\frac{1}{8\pi} (\mathfrak{x}X + \mathfrak{y}Y + \mathfrak{z}Z) + \frac{1}{8\pi} (\mathfrak{e}L + \mathfrak{y}M + \mathfrak{z}N).$$

Aucune qualité spécifique se rapportant aux corps considérés n'entre dans l'expression de ces énoncés. Le principe établissant que les équations 9a et 9b doivent être satisfaites pour tout point de l'espace infiniment étendu, comprend tous les problèmes relatifs à ce domaine, et

la diversité infinie de ces problèmes consiste seulement en ceci que les constantes des relations linéaires  $9c$ ,  $9d$ ,  $9e$ , c'est-à-dire les  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\lambda$ ,  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  peuvent être des fonctions de l'espace comportant une grande diversité de variation, soit continue, soit discontinue.

### 10. *Électricité et magnétisme.*

Soit un système de corps pondérables dans lequel des actions électromagnétiques sont en jeu et qui se trouve séparé par le vide de tout autre système. En différentiant les trois équations  $9b$  respectivement par rapport à  $x$ ,  $y$ ,  $z$  et en les ajoutant, nous obtenons pour tout point du système :

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{d\mathfrak{X}}{dx} + \frac{d\mathfrak{Y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{Z}}{dz} \right) = -4\pi \left( \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} \right).$$

Nous multiplions cette équation par l'élément de volume  $d\tau$  et nous intégrons relativement à un volume limité par une surface comprenant le système pondérable. Soit  $d\omega$  l'élément de surface et soient  $n, x$ ,  $n, y$ ,  $n, z$  les angles de la direction normale à l'élément avec les axes. Comme les  $u$ ,  $v$ ,  $w$  sont nuls à la surface, nous obtenons

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \int \left( \frac{d\mathfrak{X}}{dx} + \frac{d\mathfrak{Y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{Z}}{dz} \right) d\tau &= \frac{d}{dt} \int (\mathfrak{X} \cos n, x \\ &+ \mathfrak{Y} \cos n, y + \mathfrak{Z} \cos n, z) d\omega = -4\pi \int \left( \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} \right) d\tau \\ &= -4\pi \int (u \cos n, x + v \cos n, y + w \cos n, z) d\omega = 0. \end{aligned}$$

## 28 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

Par conséquent, si  $e$  est une quantité indépendante du temps

$$10a. \quad \int \left( \frac{d\mathfrak{x}}{dx} + \frac{d\mathfrak{y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{z}}{dz} \right) d\tau = \int (\mathfrak{x} \cos n, x + \mathfrak{y} \cos n, y + \mathfrak{z} \cos n, z) d\omega = 4\pi e.$$

La quantité  $e$  qui vient d'être introduite est, comme on le voit, une fonction de l'état électrique du système et une fonction telle qu'elle ne peut être augmentée ou diminuée par aucune action exclusivement électrodynamique. L'invariabilité de la quantité  $e$ , qui se maintient également en tenant compte d'autres perturbations que celles de l'électrodynamique, en tant qu'elles sont relatives à l'intérieur du système, donne lieu à la supposition que  $e$  est la masse d'une substance renfermée dans le système.

Conformément à cette notion, nous appelons  $e$  la masse de l'électricité renfermée dans le système pondérable. D'autre part  $e$  peut être positif ou négatif, tandis qu'une masse est forcément positive. On complète donc l'hypothèse par la notion de deux électricités de propriétés opposées et on donne à  $e$  pour signification la différence entre les deux masses ou on résoud la difficulté en admettant que  $e$  représente la quantité dont l'état électrique réel diffère de l'état normal. Mais que sous une forme ou sous l'autre on assimile  $e$  à la masse d'une substance, il faut que chaque élément  $d\tau$  entre pour sa partie aliquote dans la valeur générale. Il faut avoir recours à une hypothèse pour répartir dans chaque élément l'intégrale d'espace qui définit la quantité  $e$ . Un premier mode de répartition possible relatif à l'instant considéré

donne à l'élément de volume  $d\tau$  la quantité d'électricité

$$\frac{1}{4\pi} \left( \frac{d\mathfrak{X}}{dx} + \frac{d\mathfrak{Y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{Z}}{dz} \right) d\tau$$

Nous convenons d'appeler la masse d'électricité de l'élément de volume ainsi évaluée l'électricité vraie de l'élément; il en résulte que l'expression

$$\frac{1}{4\pi} \left( \frac{d\mathfrak{X}}{dx} + \frac{d\mathfrak{Y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{Z}}{dz} \right)$$

relative à l'intérieur d'un corps est la densité électrique de volume vraie et qu'à la surface de séparation de corps de substances différentes, l'expression

$$\frac{1}{4\pi} \{ (\mathfrak{X}_2 - \mathfrak{X}_1) \cos n, x + (\mathfrak{Y}_2 - \mathfrak{Y}_1) \cos n, y - (\mathfrak{Z}_2 - \mathfrak{Z}_1) \cos n, z \}$$

est la densité électrique de surface vraie.

Nous obtenons une autre distribution possible et plausible de  $e$  en remarquant que dans le vide la polarisation et la force sont identiques et que par conséquent nous pouvons écrire à la place de 10a.

$$\begin{aligned} 10b. \quad 4\pi e &= \int (X \cos n, x + Y \cos n, y + Z \cos n, z) d\omega \\ &= \int \left( \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} \right) d\tau \end{aligned}$$

et de plus considérer l'expression

$$\frac{1}{4\pi} \left( \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} \right) d\tau$$



### 30 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

comme la proportion dans laquelle l'élément  $d\tau$  contribue à  $e$ . La masse électrique d'un élément de volume ainsi évaluée est appelée l'électricité libre de l'élément, d'où résulte l'expression

$$\frac{1}{4\pi} \left( \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} \right)$$

pour la densité de volume de l'électricité libre et l'expression

$$\frac{1}{4\pi} \{ (X_2 - X_1) \cos n, x + (Y_2 - Y_1) \cos n, y + (Z_2 - Z_1) \cos n, z \}$$

pour la densité de surface de l'électricité libre sur la couche de séparation de milieux différents. Nous appelons électricité dissimulée la différence entre l'électricité vraie et l'électricité libre. Ces notions se relient aux notions usitées qui sont fondées sur l'action à distance. D'après celles-ci une partie des masses d'électricité vraie ou d'origine externe introduites dans un isolant est dissimulée dans les molécules du milieu ambiant par des déplacements électriques <sup>1</sup>, tandis que le reste demeure libre de manière à exercer son action à distance. Sur les notions de plusieurs auteurs il y a aussi des différences à noter. Mais comme les notions ordinaires ne sont pas toujours d'une logique sans défaut, il ne m'a pas été possible de trouver une définition qui ne soit dans aucun cas en contradiction avec le langage usité. Celui-ci est lui-même insuffisant sur un point important, en attribuant sans

<sup>1</sup> Qui sont proportionnels mais non pas identiques avec nos polarisations.

distinction la désignation d'électricité, soit à l'électricité vraie, soit à l'électricité libre.

D'après ce qui précède l'intégrale

$$\int (\mathcal{X} \cos n, x + \mathcal{Y} \cos n, y + \mathcal{Z} \cos n, z) d\omega$$

divisée par  $4\pi$  et étendue à une surface donnée représente l'électricité vraie contenue dans l'intérieur de la surface. Nous appelons nombre des lignes de force électrique qui coupent la surface dans le sens de la normale positive la valeur de cette même intégrale relative à une surface non fermée. Cette définition nous rattache à la conception de Faraday d'après laquelle les lignes de force sont des lignes qui ont en tout point, dans les corps isotropes, la direction de la résultante et dont le nombre est proportionnel à la grandeur de celle-ci. Nous avons d'autre part complété et précisé cette notion en établissant que les lignes de force, dans un corps quelconque, ont pour direction non la force mais la polarisation et c'est aussi à la grandeur de la polarisation que leur densité est proportionnelle. Nos définitions impliquent que la quantité d'électricité vraie contenue dans un espace donné multipliée par  $4\pi$  est égale à l'excès du nombre des lignes de force qui entrent sur le nombre de lignes de force qui sortent. Toute ligne de force qui se termine aboutit à de l'électricité vraie et celle-ci pourrait être définie l'extrémité libre des lignes de force. Si dans le voisinage de la surface à laquelle se rapporte notre intégrale, il se trouve un espace dépourvu d'électricité vraie, la valeur de l'intégrale est indépendante de la surface limite dans l'intérieur de cet espace et elle ne dépend que de la ligne qui limite la surface. La valeur de l'intégrale garde encore dans ce cas la désignation de nombre de lignes de force

traversant le contour, en admettant que des données spéciales ne laissent pas subsister d'indétermination.

Considérons la variation de l'électricité vraie  $e_v$  dans une portion limitée quelconque du système, et soit  $d\omega$  l'élément de surface de cette position. Nous obtenons

$$10c. \quad \frac{de_v}{dt} = - \int \left( \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} \right) d\tau = - \int (u \cos n, x + v \cos n, y + w \cos n, z) d\omega.$$

Si la surface limite ne traverse que des corps pour lesquels les  $\lambda$  sont nuls, les  $u, v, w$  s'annulent à la surface et la quantité d'électricité vraie contenue est constante. Ainsi hors d'un espace dont la surface limite satisfait à ces conditions il ne peut s'échapper aucune quantité d'électricité vraie par une opération exclusivement électrodynamique.

C'est pour cette raison que de tels corps sont et ont été appelés isolants. Mais si la surface limite traverse des corps pour lesquels les  $\lambda$  sont différents de zéro, la variation du contenu d'électricité vraie déterminée par des mouvements purement électriques devient possible et les corps de cette espèce sont appelés conducteurs. La distinction entre les isolants et les conducteurs est donc relative à l'électricité vraie; à l'égard de l'électricité libre tous les corps peuvent être considérés comme conducteurs (courant de déplacement). Le total d'une substance ne peut varier dans l'intérieur d'un espace limité que par l'introduction ou la sortie d'une certaine quantité de la substance à travers chaque élément de la surface limite. A la donnée que toute surface fermée est traversée dans l'unité de temps par la quantité définie par notre intégrale, correspond l'hypothèse qu'au travers de l'élément passe la quantité

$$u \cos n, x + v \cos n, y + w \cos n, z$$

Conformément à cette hypothèse, on appelle et appelait  $u$ ,  $v$ ,  $w$  les composantes du courant électrique et l'intégrale

$$\int (u \cos n, x + v \cos n, y + w \cos n, z) d\omega$$

étendue à une surface non fermée le courant électrique qui traverse cette surface. Il faut remarquer cependant que cette hypothèse est arbitraire à un certain point et indépendante de l'hypothèse de la substantialité de l'électricité. On peut superposer à un instant quelconque au système de mouvement trouvé un système arbitraire de courants fermés sans changer en aucun point l'augmentation ou la diminution d'électricité.

Si une partie du système a passé d'un état non électrique à l'état actuel par une opération électromagnétique ou peut y revenir, l'électricité vraie est nulle dans tous les isolants de cette partie. Pour de telles parties du système on joint donc aux équations générales les équations suivantes compatibles avec les premières et qui sont des restrictions apportées à l'expression de l'état initial :

$$\frac{d\mathfrak{X}}{dx} + \frac{d\mathfrak{Y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{Z}}{dz} = 0$$

pour l'intérieur de l'isolant ;

$$(\mathfrak{X}_2 - \mathfrak{X}_1) \cos n, x + (\mathfrak{Y}_2 - \mathfrak{Y}_1) \cos n, y + (\mathfrak{Z}_2 - \mathfrak{Z}_1) \cos n, z = 0$$

pour la surface de séparation de deux corps hétérogènes.

### 34 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

Les phénomènes magnétiques donnent lieu à des considérations tout à fait analogues. En partant des équations 9a, nous appelons pour l'intérieur d'un corps

$$\frac{1}{4\pi} \left( \frac{d\mathfrak{L}}{dx} + \frac{d\mathfrak{M}}{dy} + \frac{d\mathfrak{N}}{dz} \right)$$

la densité magnétique de volume vraie, et à la surface de séparation de deux corps

$$\frac{1}{4\pi} \{ (\mathfrak{L}_2 - \mathfrak{L}_1) \cos n, x + (\mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_1) \cos n, y + (\mathfrak{N}_2 - \mathfrak{N}_1) \cos n, z \}$$

la densité de surface vraie du magnétisme, et l'intégrale de ces expressions relative à un certain espace le magnétisme vrai contenu dans cet espace. L'intégrale de l'expression

$$\int (\mathfrak{L} \cos n, x + \mathfrak{M} \cos n, y + \mathfrak{N} \cos n, z) d\omega$$

étendue à une surface non fermée est appelée le nombre de lignes de force magnétique à travers cette surface ou embrassées par le contour de cette surface. Enfin nous appelons pour l'intérieur d'un corps

$$\frac{1}{4\pi} \left( \frac{dL}{dx} + \frac{dM}{dy} + \frac{dN}{dz} \right)$$

la densité de volume et à la surface de séparation

$$\frac{1}{4\pi} \{ (L_2 - L_1) \cos n, x + (M_2 - M_1) \cos n, y + (N_2 - N_1) \cos n, z \}$$

la densité de surface du magnétisme libre. La différence

entre les conducteurs et les isolants fait ici défaut, car les équations 9a n'ont pas de terme correspondant aux  $u, v, w$  des équations 9b. Relativement au magnétisme libre tous les corps sont compris dans la catégorie des conducteurs.

Si un système ou une partie d'un système ont passé d'un état non magnétique à l'état actuel ou peuvent subir le changement inverse par une opération électromagnétique, l'intérieur d'un corps satisfait à l'équation

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} + \frac{\partial \mathfrak{M}}{\partial y} + \frac{\partial \mathfrak{N}}{\partial z} = 0$$

et la surface de séparation à l'équation

$$(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1) \cos n, x + (\mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_1) \cos n, y + (\mathfrak{N}_2 - \mathfrak{N}_1) \cos n, z = 0$$

équations qui jointes aux équations générales concourent à déterminer l'état initial.

#### 11. Conservation de l'énergie.

Désignons par  $S$  l'énergie électromagnétique d'un espace  $\tau$  limité par la surface  $\omega$ . Nous calculons la variation de  $S$ , en multipliant toutes les équations 9a et 9b par  $d\tau/4\pi A$ , puis chacune respectivement par  $L, M, N, X, Y, Z$ , en additionnant et en intégrant relativement à l'espace  $\tau$ . Nous obtenons :

$$\begin{aligned} 11a. \quad \frac{dS}{dt} = \frac{1}{4\pi A} \int \{ & (NY - MZ) \cos n, x + (LZ - NX) \cos n, y \\ & + (MX - LY) \cos n, z \} d\omega - \int (uX + vY + wZ) d\tau. \end{aligned}$$

### 36 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

En étendant l'espace  $\tau$  à celui d'un système électromagnétique complet, c'est-à-dire jusqu'à une surface sur laquelle les forces s'annulent, notre équation devient

$$\frac{dS}{dt} = - \int (uX + vY + wZ) d\tau.$$

Ainsi la conservation de l'énergie exige que dans tout système, qui n'est soumis à aucune influence extérieure, une quantité d'énergie exprimée par l'intégrale du second membre se produise dans l'unité de temps sous une forme autre que celle d'énergie électromagnétique. Les faits expérimentaux s'accordent avec cet énoncé; ils prouvent en outre que chaque élément de volume  $d\tau$  contribue au total de l'énergie transformée pour la proportion  $(uX + vZ + \omega Z) d\tau$ , et montrent quelle nouvelle forme l'énergie affecte. La preuve expérimentale n'a pas toutefois, à proprement parler, un caractère général, mais est restreinte aux cas particuliers suivants. Dans l'intérieur d'un conducteur homogène isotrope, la quantité d'énergie développée pendant l'unité de temps dans l'unité de volume prend d'après la théorie comme aussi d'après les résultats de l'observation la forme :

$$\lambda(X^2 + Y^2 + Z^2) = \frac{1}{\lambda} (u^2 + v^2 + w^2),$$

Elle est toujours positive et correspond à un développement de chaleur — l'effet Joule. — A la limite de deux corps isotropes homogènes, l'énergie qui se produit dans l'unité de volume prend la forme  $uX' + vZ' + \omega Z'$  et une intégration relative à la couche de passage donne pour l'énergie dans l'unité de surface de la couche limite

$$(u \cos n, x + v \cos n, y + w \cos n, z). \varphi_{1,2}$$

expression qui est confirmée par l'expérience. Cette expression peut être positive ou négative correspondant à une disparition ou à une production d'énergie sous une forme spéciale. Ou bien cette énergie étrangère est de la chaleur — l'effet Peltier — dans lequel cas nous désignons la force électromotrice agissante par l'expression de thermoélectrique ou bien la transformation comprend aussi de l'énergie chimique dans lequel cas la force est dite électrochimique. Considérons maintenant pour une certaine portion limitée de notre système la variation totale d'énergie, c'est-à-dire la quantité

$$\frac{dS}{dt} + \int (uX + vY + wZ) d\tau.$$

Nous trouvons d'après ce qui précède que cette variation est égale à une intégrale étendue à la surface limitant la portion d'espace. La variation d'énergie disponible d'une portion quelconque d'espace est donc évaluée correctement lorsqu'on suppose qu'elle passe au travers de la surface, comme le ferait une substance, et dans une proportion telle que la quantité

$$\frac{1}{4\pi A} \{ (NY - MZ) \cos n, x + (LZ - NX) \cos n, y \\ + (MX - LY) \cos n, z \}$$

traverse l'unité de surface. La discussion géométrique de cette expression fait voir qu'elle a pour conséquence l'énoncé suivant : l'énergie se meut suivant une direction



### 38 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

qui est perpendiculaire aux directions de la force électrique et de la force magnétique et le flux dans l'unité de temps à travers l'unité de surface est égal au produit des deux forces par le sinus de l'angle compris entre elles et le facteur  $1/4\pi A$ . C'est là le principe de la très remarquable théorie de M. Poynting sur le mouvement de l'énergie dans le champ électromagnétique<sup>1</sup>. En cherchant à apprécier sa signification physique, nous devons en premier lieu remarquer que la décomposition de notre intégrale de surface dans ses éléments était hypothétique et que certaines conséquences auxquelles on est conduit par cette théorie ne sont pas vraisemblables. Si un aimant permanent en repos se trouve à côté d'un corps électrisé, il faut que l'énergie dans son voisinage prenne un mouvement continu et le long de circuits fermés. Une difficulté d'un ordre plus important me semble consister dans la question de savoir si la localisation de l'énergie et son passage de point en point ont une signification suffisante dans l'état actuel de nos connaissances. Les transformations d'énergie les plus simples de la mécanique ordinaire ne donnent pas lieu encore à des considérations de cette nature; reste donc à savoir si la notion d'énergie est susceptible d'être traitée par ce procédé analytique et dans quelles limites.

#### 12. Forces pondéromotrices.

Nous considérons les forces mécaniques qui se manifestent entre des corps pondérables dans le champ élec-

<sup>1</sup> J.-H. Poynting, *Phil. Transactions*, 1884, II, p. 343.

électromagnétique, comme les résultantes des pressions qui se développent par suite des perturbations électromagnétiques dans l'éther et dans les autres corps. Il en résulte que les forces mécaniques agissant sur un corps sont complètement déterminées par l'état électromagnétique dans son voisinage immédiat, sans qu'il y ait lieu de rechercher quelles en sont les causes. Nous posons en principe que les pressions auxquelles les corps sont soumis sont telles qu'il n'existe pas de résultante tendant à mettre en mouvement l'éther intérieur. Sans cette hypothèse notre système serait incorrect ou incomplet, puisqu'il ne saurait être question de forces électromagnétiques dans l'éther en repos. Cette supposition a pour conséquence que les forces mécaniques à constater entre les corps pondérables satisfont à l'égalité de l'action et de la réaction.

On doit maintenant se demander si l'on trouve pour la pression une forme qui réponde à cet énoncé et qui explique les résultats observés. Maxwell et, avec une plus grande généralité, von Helmholtz ont obtenu des expressions qui satisfont à toutes les conditions exigées pour le cas d'un état statique et stationnaire. Mais dans le cas général d'un état variable ces mêmes pressions devraient mettre l'éther intérieur en mouvement. Nous admettons à cause de cela que l'expression complète de la pression n'a pas encore été trouvée, nous évitons la détermination de la grandeur de cette quantité et nous préférons obtenir les forces pondérables au moyen des énoncés déjà établis, au moyen du principe de la conservation de l'énergie et au moyen de l'énoncé expérimental suivant : Si les corps pondérables d'un système dans lequel se produisent de l'électricité ou du magnétisme et qui demeure toujours infiniment voisin d'un état statique se meuvent

## 40 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

les uns par rapport aux autres, et si l'on considère comme invariable et liée à l'élément chaque quantité d'électricité vraie ou de magnétisme vrai qui se trouve dans chaque élément, le travail mécanique dépensé pour mouvoir les corps ne peut trouver sa compensation que dans l'accroissement de l'énergie électromagnétique disponible et par conséquent lui est équivalent.

Il reste à se demander s'il est possible d'exprimer la pression conformément à toutes les notions que nous avons admises. Si ce n'était pas le cas, l'ensemble de nos suppositions renfermerait quelque contradiction qui exigerait une correction portant sur certaines de ces hypothèses. Les changements nécessités sont toutefois de telle nature que leur influence ne porte sur aucun des phénomènes observés jusqu'ici. Il est du reste à noter que si notre théorie offre ici une lacune, elle ne se trouve pas dans les principes fondamentaux mais dans les développements. En effet étant donné notre point de départ, la production des forces mécaniques est un phénomène secondaire des forces électromagnétiques; on pouvait traiter la théorie de celles-ci sans même mentionner les premières ainsi que nous l'avons fait pour les autres phénomènes secondaires de moindre importance que nous avons omis.

### B. LES PHÉNOMÈNES DÉDUITS DES ÉQUATIONS FONDAMENTALES.

Nous divisons les phénomènes représentés par les équations en statiques, stationnaires et dynamiques. Pour

qu'un phénomène soit statique ou stationnaire il ne doit impliquer aucune variation des forces électriques ou magnétiques en fonction du temps, condition qui annule le premier membre des équations 9a et 9b. Allant plus loin, il faut, pour qu'un phénomène soit statique, qu'il ne soit accompagné d'aucune variation par rapport au temps et qu'en particulier il ne donne pas lieu à une transformation continue d'énergie sous une autre forme, d'où résulte, comme condition nécessaire et suffisante, que les quantités  $u$ ,  $v$ ,  $w$  s'annulent aussi.

### Phénomènes statiques.

Lorsque les premiers membres et les  $u$ ,  $v$ ,  $w$  s'annulent dans les équations 9a et 9b, le système se scinde en deux systèmes indépendants contenant l'un les forces électriques, l'autre les forces magnétiques. Nous obtenons ainsi deux groupes de problèmes qu'on désigne habituellement par électrostatique et magnétisme en repos.

### 13. *Électrostatique.*

Nous ne tenons pas compte, dans ce paragraphe, de la force électromotrice, parce que, en cas qu'elle permette l'établissement de l'état statique, elle produit des effets trop faibles pour être prise en considération dans les problèmes qui se présentent. Par conséquent dans les conducteurs, où les  $\lambda$  ne sont pas nuls, les forces  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  doivent s'annuler, et dans les isolants les équations 9a deviennent :

$$13a. \quad \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} = \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} = \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} = 0.$$

Il en résulte que les forces ont un potentiel  $\varphi$ , aux quotients différentiels pris négativement duquel on peut les éгалer. Puisque les forces ont partout une valeur finie, le potentiel est continu et on peut le supposer étendu aux corps conducteurs avec une valeur constante. Pour une surface limite les quotients différentiels de  $\varphi$  tangents à la surface se transportent au travers de la surface sans changement. En désignant par  $e_l$  la densité de volume de l'électricité libre, d'après le paragraphe 10 le potentiel  $\varphi$  satisfait en tout point de l'espace à l'équation  $\Delta\varphi = 4\pi e_l$ , qui dans l'éther libre prend la forme  $\Delta\varphi = 0$ <sup>1</sup>, et qui sur la surface de séparation des corps hétérogènes se présente sous la forme usitée

$$\left(\frac{d\varphi}{dn}\right)_2 - \left(\frac{d\varphi}{dn}\right)_1 = -4\pi e'_l,$$

dans laquelle  $e'_l$  est la densité de surface de l'électricité libre. L'ensemble de ces conditions détermine pour  $\varphi$ , à une constante arbitraire près, l'expression

$$\varphi = \int \frac{e_l}{r} d\tau,$$

l'intégrale devant être étendue à tout l'espace et transformée convenablement aux surfaces limites. Ainsi pour la même distribution du potentiel et des forces dans les isolants différents l'électricité libre est la même, mais les

<sup>1</sup> Voir l'équation 3c.

quantités respectives d'électricité vraie sont différentes et se trouvent être dans l'intérieur de deux isolants homogènes proportionnelles aux constantes diélectriques. La condition pour que la densité de l'électricité vraie dans l'intérieur de l'isolant ait une valeur donnée  $e_v$ , a pour expression, en nous restreignant aux corps isotropes :

$$\frac{d}{dx} \left( \varepsilon \frac{d\varphi}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left( \varepsilon \frac{d\varphi}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left( \varepsilon \frac{d\varphi}{dz} \right) = -4\pi e_v,$$

et, à la surface de séparation de deux corps isotropes,

$$\varepsilon_2 \left( \frac{d\varphi}{dn} \right)_2 - \varepsilon_1 \left( \frac{d\varphi}{dn} \right)_1 = -4\pi e'_v,$$

en désignant par  $e'_v$  la densité de surface de l'électricité vraie.

Considérons encore l'énergie disponible d'un système électrostatique. Nous l'obtenons successivement sous les formes :

$$\begin{aligned} & \frac{1}{8\pi} \int (\mathfrak{X}X + \mathfrak{Y}Y + \mathfrak{Z}Z) d\tau \\ &= -\frac{1}{8\pi} \int \left( \mathfrak{X} \frac{d\varphi}{dx} + \mathfrak{Y} \frac{d\varphi}{dy} + \mathfrak{Z} \frac{d\varphi}{dz} \right) d\tau \\ &= \frac{1}{8\pi} \int \varphi \left( \frac{d\mathfrak{X}}{dx} + \frac{d\mathfrak{Y}}{dy} + \frac{d\mathfrak{Z}}{dz} \right) d\tau \\ &= \frac{1}{2} \int \varphi e_v d\tau = \frac{1}{2} \iint \frac{e_v e_l}{r} d\tau d\tau. \end{aligned}$$

Les intégrations sont supposées étendues à tout l'espace où les perturbations électriques se produisent, c'est-à-dire jusqu'aux limites où ces perturbations s'annulent,

#### 44 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

et la transformation de l'intégrale aux surfaces de séparation est sous-entendue. La variation que chacune de ces expressions subit, lorsqu'un mouvement des corps pondérables a lieu et que les quantités d'électricité vraie liées aux éléments des corps restent constantes, est égale, d'après le paragraphe 12, au travail effectué par les forces mécaniques pour ce mouvement. Si donc notre système se compose de deux masses électriques  $E_1$  et  $E_2$ , qui se trouvent situées dans l'éther à une distance l'une de l'autre très grande relativement à leurs dimensions, à l'accroissement  $dR$  de la distance correspond une diminution d'énergie disponible de  $1/2 [E_1 E_2 + E_2 E_1] dR/R^2$  et par conséquent l'expression  $E_1 E_2 / R^2$  représente la force mécanique avec laquelle les deux électricités tendent à se repousser. La loi de Coulomb qui est le point de départ de l'ancienne théorie se présente ici comme une conséquence peu immédiate.

Quant à la détermination générale des forces pondéromotrices, il faut nous contenter de remarquer que les deux dernières expressions de l'énergie sont celles qui dans l'électrostatique ordinaire donnent par leur variation le travail effectué dans le mouvement des corps et d'en conclure que ces mêmes variations détermineront les mêmes forces, celles qui sont le point de départ de l'électrostatique ordinaire et que l'expérience confirme. On verra en particulier que les composantes de la force mécanique s'exerçant sur un élément de volume qui renferme la masse  $e$  d'électricité vraie sont  $eX$ ,  $eY$ ,  $eZ$ . Nous retrouvons ainsi l'énoncé qui nous a permis d'introduire la notion des forces électriques.

14. *Magnétisme en repos.*

Les équations entre les composantes des forces magnétiques en repos sont les mêmes que pour les forces électriques et toutes les considérations du paragraphe précédent se retrouvent ici. Si toutefois les problèmes diffèrent, même par leur expression mathématique, cela tient surtout aux raisons suivantes :

1° La classe de corps qu'il faudrait appeler conducteurs fait ici défaut.

2° Dans tous les corps, à l'exception de ceux qui présentent du magnétisme permanent ou rémanent, il n'existe pas de magnétisme vrai. Par conséquent dans l'intérieur de ces corps, en tant qu'ils sont isotropes, le potentiel magnétique  $\psi$  satisfait toujours à l'équation :

$$\frac{d}{dx} \left( \mu \frac{d\psi}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left( \mu \frac{d\psi}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left( \mu \frac{d\psi}{dz} \right) = 0$$

qui devient à la limite de séparation

$$\mu_2 \left( \frac{d\psi}{dn} \right)_2 - \mu_1 \left( \frac{d\psi}{dn} \right)_1 = 0.$$

Des équations plus complexes mais qu'on obtient aisément s'appliquent à l'intérieur et aux surfaces limites des corps cristallisés et doivent être employées s'il s'agit des phénomènes que présentent les cristaux appelés magnétiques.

3° Tandis que la constante diélectrique de tous les corps connus est plus grande que l'unité, pour plusieurs



#### 46 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

corps la constante magnétique est inférieure à un. Ces corps sont dits diamagnétiques et les autres paramagnétiques. La densité superficielle du magnétisme libre d'un corps isotrope sur une surface limitée par l'éther libre est égale à la  $(1 - \mu)^{\text{ème}}$  partie de la force normale dirigée vers l'intérieur. Avec un même sens de la force, le signe de la couche superficielle est donc contraire pour un corps diamagnétique et un corps paramagnétique.

Ce qui donne aussi à la théorie du magnétisme en repos un caractère particulier, c'est que les corps les plus importants à cet égard, le fer, l'acier, dans leurs variétés, ne satisfont aux principes admis qu'avec une approximation très imparfaite. Ces corps présentent du magnétisme permanent et rémanent d'où résulte que la polarisation de la substance pondérable y est en partie indépendante des forces en jeu, et que l'état magnétique n'y peut pas être complètement défini par une seule grandeur dirigée. Comme en outre les relations entre les forces et les perturbations ne sont pas linéaires, ces corps ne sont pas compris, à ce double titre, dans les limites de la théorie développée ici. Afin de ne pas les exclure complètement nous les assimilons à celui des deux corps théoriques qui s'en rapproche le plus, le fer absolument doux ou l'acier absolument dur. Nous définissons le premier un corps qui satisfait à nos équations et pour lequel  $\mu$  a une très grande valeur. En choisissant cette valeur d'une manière conforme au problème à traiter, nous obtiendrons une plus grande approximation. Nous définissons l'acier un corps qui satisfait aux équations avec une valeur  $\mu$  égale à un, et dans l'intérieur duquel il peut se produire du magnétisme vrai avec une distribution quelconque telle toutefois que la quantité totale de magnétisme vrai dans une portion quelconque ne diffère pas de zéro.

**État stationnaire.**

Pour le cas des mouvements stationnaires les équations relatives aux isolants sont les mêmes que pour l'état statique ; celles relatives aux conducteurs, que nous supposons isotropes pour simplifier, sont les équations 9a, 9b, 9c prenant la forme :

$$\begin{array}{ll}
 \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} = 0 & \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} = 4\pi Au \\
 15a. \quad \frac{dX}{dz} - \frac{dY}{dx} = 0 & 15b. \quad \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} = 4\pi Av \\
 \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} = 0 & \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} = 4\pi Aw
 \end{array}$$

$$15c. \quad u = \lambda(X - X'), v = \lambda(Y - Y'), w = \lambda(Z - Z').$$

Différentiant les équations 15b respectivement par rapport à  $x, y, z$  et additionnant, on a

$$15d. \quad \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} = 0,$$

équation qui, sur les surfaces où les courants varient d'une manière discontinue, prend la forme :

$$15e. \quad (u_2 - u_1) \cos n_x + (v_2 - v_1) \cos n_y + (w_2 - w_1) \cos n_z = 0$$

En joignant les équations 15d et 15e aux équations 15a et 15c, on obtient un système qui ne contient que les forces électriques. Il peut être traité sans tenir compte des forces magnétiques et donne la théorie de la distribu-

## 48 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

tion des courants. Une fois les composantes  $u, v, w$  du courant déterminées, les équations 15b permettent d'obtenir les forces magnétiques exercées par les courants.

### 15. *Distribution des courants stationnaires.*

Il ressort des équations 15a que dans l'intérieur d'un conducteur traversé par des courants les forces peuvent encore être représentées par les dérivées prises négativement d'une fonction  $\varphi$ , le potentiel, lequel est déterminé par la condition qu'en tout point on ait :

$$\begin{aligned} 15f. \quad \frac{d}{dx} \left( \lambda \frac{d\varphi}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left( \lambda \frac{d\varphi}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left( \lambda \frac{d\varphi}{dz} \right) \\ = - \frac{d}{dx} (\lambda X') - \frac{d}{dy} (\lambda Y') - \frac{d}{dz} (\lambda Z'). \end{aligned}$$

A la surface limite de deux conducteurs hétérogènes cette équation prend la forme :

$$\begin{aligned} 15g. \quad \lambda_2 \left( \frac{d\varphi}{dn} \right)_2 - \lambda_1 \left( \frac{d\varphi}{dn} \right)_1 = - (\lambda_2 X'_2 - \lambda_1 X'_1) \cos n, x \\ - (\lambda_2 Y'_2 - \lambda_1 Y'_1) \cos n, y - (\lambda_2 Z'_2 - \lambda_1 Z'_1) \cos n, z, \end{aligned}$$

et à la limite d'un conducteur et d'un isolant la forme :

$$15h. \quad \frac{d\varphi}{dn} = - X' \cos n, x - Y' \cos n, y - Z' \cos n, z.$$

A ces conditions aux limites il faut joindre pour les surfaces limites dans lesquelles les forces électromotrices

sont infinies, d'après le paragraphe 8, la condition additionnelle :

$$\begin{aligned}
 \varphi_1 - \varphi_2 &= \int (X \cos n, x + Y \cos n, y + Z \cos n, z) dn \\
 15i. \quad &= \int (X' \cos n, x + Y' \cos n, y + Z' \cos n, z) dn \\
 &= \varphi_{1,2}.
 \end{aligned}$$

Par l'ensemble de ces conditions,  $\varphi$  se trouve complètement déterminé, à une constante près qui dépend de l'état extérieur au conducteur. Pour un conducteur homogène les équations 15f — 15b se mettent sous la forme plus simple :

$\Delta\varphi = 0$  pour l'intérieur des conducteurs.

$$15k. \quad \lambda_1 \left( \frac{d\varphi}{dn} \right)_1 = \lambda_2 \left( \frac{d\varphi}{dn} \right)_2 \text{ pour la limite de deux conducteurs,}$$

$$\frac{d\varphi}{dn} = 0 \text{ pour la limite avec un isolant,}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_{1,2} \text{ sur une surface électromotrice.}$$

Ces équations s'appliquent immédiatement au problème de la distribution du courant dans les corps à trois dimensions. Leur application à des conducteurs à deux dimensions ou linéaires s'obtient sans difficulté et conduit à la définition de la résistance, à la loi de Ohm pour des circuits fermés, aux principes de Kirchhoff pour un réseau quelconque de dérivations et à tous les autres principes généraux sur la répartition des courants stationnaires.

16. *Forces magnétiques des courants stationnaires.*

Afin de déterminer au moyen des composantes du courant  $u, v, w$ , supposées maintenant connues, les forces  $L, M, N$  qui en résultent, nous introduisons les quantités auxiliaires désignées par composantes du potentiel vecteur, en faisant :

$$U = \int \frac{u}{r} d\tau, \quad V = \int \frac{v}{r} d\tau, \quad W = \int \frac{w}{r} d\tau.$$

Les intégrales sont étendues à tout l'espace, et des équations 15d et 15e il résulte

$$\frac{dU}{dx} + \frac{dV}{dy} + \frac{dW}{dz} = 0.$$

Nous faisons maintenant :

$$L = A \left( \frac{dV}{dz} - \frac{dW}{dy} \right)$$

$$16a. \quad M = A \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dU}{dz} \right)$$

$$N = A \left( \frac{dU}{dy} - \frac{dV}{dx} \right).$$

Ces valeurs de  $L, M, N$  sont des solutions des équations 15b et satisfont l'équation

$$\frac{dL}{dx} + \frac{dM}{dy} + \frac{dN}{dz} = 0.$$

S'il est possible que les forces réellement mises en jeu diffèrent de ces valeurs, les différences satisfont aux conditions du magnétisme en repos et peuvent être considérées comme en provenant, ce qui permet d'admettre que ces magnétismes considérés à part sont la conséquence du courant. Mais si l'on exclut le magnétisme en repos, ces expressions représentent complètement les forces magnétiques.

Lorsqu'il s'agit de courants linéaires dont l'intensité est  $i$ , on remplace dans les valeurs des  $U$ ,  $V$ ,  $W$  les expressions  $u d\tau$ ,  $v d\tau$ ,  $w d\tau$  par les expressions  $id x$ ,  $id y$ ,  $id z$  où  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  sont les projections de l'élément  $ds$  sur les axes, et les intégrales doivent être prises le long du courant et étendues à tout son parcours. Si l'on veut décomposer l'action totale en une somme d'actions élémentaires, une expression admissible pour l'action de l'élément de courant  $id x$  sur le point  $x'y'z'$ , en plaçant pour simplifier l'élément à l'origine et le point  $x'y'z'$  dans le plan  $xy$ , sera :

$$L = 0, M = 0, N = A id x \frac{d^2}{dy'} = - \frac{A id x}{r^2} \cdot \frac{y'}{r},$$

formules qui conduisent aux énoncés de la loi d'Ampère et de celle de Biot et Savart.

Les valeurs trouvées pour les forces doivent, d'après les équations 15b, pour tout point où les  $u$ ,  $v$ ,  $w$  s'annulent, par conséquent pour tout point extérieur aux conducteurs, posséder un potentiel  $\psi$  aux dérivées prises négativement duquel on peut les égaler. Si l'on considère seulement un circuit linéaire fermé, ce potentiel peut être mis sous la forme

$$166. \quad \phi = -Ai \int \frac{d\omega}{dn} d\omega + \text{constante.}$$

où  $d\omega$  est l'élément d'une surface quelconque passant par le circuit,  $n$  la normale à cette surface et où l'intégration est étendue à toute la portion de surface limitée par le contour du circuit. Le côté positif de la surface est celui d'où le courant compté positivement est vu circulant dans le sens des aiguilles d'une montre. En effet les quotients différentiels négatifs de l'expression donnée font trouver, par une transformation d'intégrales connue, les valeurs voulues pour les L, M, N. Ces quotients différentiels sont continus et finis pour tout point en dehors du circuit lui-même; et si l'intégrale dont dépend  $\psi$  devient discontinue sur la surface  $\omega$ , la valeur totale de  $\psi$  peut néanmoins présenter la continuité voulue en considérant la constante comme infiniment multiple, et en lui attribuant une variation de valeur  $4\pi Ai$  chaque fois que nous traversons la surface  $\omega$ . Le potentiel lui-même devient par là infiniment multiple et varie de  $4\pi Ai$  lorsque nous revenons au point de départ après avoir traversé une fois le circuit.

L'intégrale qui entre dans  $\psi$  est susceptible de diverses interprétations. On peut en premier lieu la considérer comme le potentiel d'une double couche magnétique, et cette supposition conduit à la théorie du magnétisme d'Ampère. On peut d'autre part, d'après Gauss, exprimer par la valeur de cette intégrale l'angle solide sous lequel le circuit est vu du point. On est amené ainsi assez directement à l'énoncé que : cette intégrale exprime le nombre de lignes de force que l'unité de pôle magné-

tique coïncidant avec le point fait passer au travers de la surface. On emploie donc l'expression de potentiel total et on lui conserve sa multiplicité par la définition suivante : la différence des valeurs du potentiel en deux points est égale au produit par  $Ai$  du nombre des lignes de force qui traversent dans un sens donné le contour du circuit, lorsque l'unité de pôle magnétique se transporte par un chemin donné d'un point à l'autre.

Cette dernière notion est celle qui s'accorde le mieux avec nos vues théoriques, et nous permet, en nous référant aux paragraphes 12 et 14, de déduire de ce qui précède les résultats suivants. En premier lieu : le travail mécanique qu'il faut effectuer pour déplacer un pôle magnétique ou un système de magnétisme invariable dans le voisinage d'un courant linéaire maintenu constant est égal au nombre de lignes de force du pôle ou du système qui traversent dans un sens donné le contour du circuit, par le fait du déplacement, multiplié par l'intensité du courant et par la constante  $A$ . En second lieu : le travail mécanique qu'il faut effectuer pour déplacer un courant maintenu constant dans un champ magnétique donné est égal au nombre de lignes de force traversées par le circuit dans le déplacement multiplié par l'intensité du courant et par  $A$ . Enfin comme cas particulier : le travail mécanique effectué pour déplacer un courant maintenu constant 1 dans le voisinage d'un courant maintenu constant 2 est égal au nombre de lignes de force magnétique du circuit 2 coupées par le circuit 1 dans son déplacement, multiplié par l'intensité dans 1 et par  $A$ . Ce même travail est par la même raison égal au nombre des lignes de force du circuit 1 coupées par le circuit 2 multiplié par l'intensité dans 2 et par  $A$ . Les deux énon-



## 54 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

cés conduisent au même résultat, ce que nous vérifions en donnant au produit de l'intensité d'un des circuits par le nombre des lignes de force de l'autre circuit, coupées dans le déplacement, une expression symétrique par rapport aux deux circuits. Les désignations  $i, ds$  se rapportent au circuit 1, les désignations  $i', ds', U', V', W', L', M', N'$  au circuit 2; le produit des lignes de force de 2 par  $Ai$  est égal à

$$\begin{aligned}
 & Ai \int (L' \cos n, x + M' \cos n, y + N' \cos n, z) d\omega \\
 &= A^2 i \int \left\{ \left( \frac{dV'}{dz} - \frac{dW'}{dy} \right) \cos n, x + \left( \frac{dW'}{dx} - \frac{dU'}{dz} \right) \cos n, y \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{dU'}{dy} - \frac{dV'}{dx} \right) \cos n, z \right\} d\omega \\
 &= -A^2 i \int (U' \cos s, x + V' \cos s, y + W' \cos s, z) ds \\
 &= -A^2 i i' \iint \frac{\cos s, x \cos s', x + \cos s, y \cos s', y + \cos s, z \cos s', z}{r} ds ds' \\
 &= -A^2 i i' \iint \frac{\cos \varepsilon}{r} ds ds',
 \end{aligned}$$

où  $\varepsilon$  désigne l'angle que les deux éléments font entre eux. L'expression obtenue est symétrique par rapport aux deux circuits. On sait en effet que la variation de cette expression, qui est celle du potentiel de Neumann d'un circuit par rapport à l'autre multiplié par  $A^2 i i'$ , donne le travail à effectuer pour un déplacement relatif des deux circuits, et par là détermine les forces pondéromotrices s'exerçant

entre les circuits en repos. On sait aussi que cet énoncé comprend tout ce qu'on sait de certain sur ces forces.

Nous déterminerons encore l'énergie magnétique d'un espace dans lequel les composantes du courant stationnaire  $u$ ,  $v$ ,  $w$  et la densité magnétique invariable  $m$  sont distribuées, avec la condition restrictive que des corps susceptibles d'être aimantés ne se trouvent pas dans cet espace. En désignant par  $\psi$  le potentiel des magnétismes  $m$ , nous obtenons l'énergie sous les formes successives suivantes :

$$\begin{aligned}
 16c. \quad & \frac{1}{8\pi} \int (L^2 + M^2 + N^2) d\tau \\
 &= \frac{A}{8\pi} \int \left\{ L \left( \frac{dV}{dz} - \frac{dW}{dy} - \frac{1}{A} \frac{d\psi}{dx} \right) + M \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dU}{dz} - \frac{1}{A} \frac{d\psi}{dy} \right) \right. \\
 &\quad \left. + N \left( \frac{dU}{dy} - \frac{dV}{dx} - \frac{1}{A} \frac{d\psi}{dz} \right) \right\} d\tau \\
 &= \frac{A}{8\pi} \int \left\{ U \left( \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} \right) + V \left( \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} \right) + W \left( \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} \right) \right\} d\tau \\
 &\quad + \frac{1}{8\pi} \int \psi \left( \frac{dL}{dx} + \frac{dM}{dy} + \frac{dN}{dz} \right) d\tau \\
 &= \frac{1}{2} A^2 \int (Uu + Vv + Ww) d\tau + \frac{1}{2} \int \psi m d\tau,
 \end{aligned}$$

ou, pour le cas de courants linéaires,

$$= \frac{1}{2} A^2 \iint \frac{\cos s}{r} ds ds' + \frac{1}{2} \int \psi m d\tau,$$

où l'intégration dans la première partie de la dernière

forme soit par rapport à  $ds$  soit par rapport à  $ds'$  doit s'étendre à tous les courants. Il ressort de cette dernière forme que le déplacement relatif de courants invariables par rapport à des aimants invariables ne modifie pas l'énergie magnétique de l'espace. Le travail effectué dans ce déplacement ne trouve donc pas sa compensation dans la variation de l'énergie magnétique de l'espace, comme cela a lieu pour le déplacement relatif d'aimants invariables, mais la conservation du travail doit être expliquée autrement. On voit aussi que le déplacement relatif de courants maintenus constants implique une variation d'énergie qui en valeur absolue est égale au travail employé. D'autre part si l'on tient compte du signe on voit que la variation n'a pas lieu dans un sens tel qu'elle puisse être considérée comme une compensation de l'énergie mécanique perdue, mais en sens contraire. Il faut donc dans ce cas aussi trouver une explication de l'apparente disparition du double de la quantité du travail effectué par les forces mécaniques dans le déplacement relatif des circuits. On reviendra sur ce point à la fin du paragraphe suivant.

#### Phénomènes dynamiques.

Dans la variété indéfinie des formes possibles de l'état variable un petit nombre de groupes de phénomènes se sont jusqu'à présent offerts à l'observation. Nous les énumérons successivement sans prétendre faire rentrer tout ce que comporte ce domaine dans une classification systématique.

17. *Induction dans les circuits fermés.*

Dans un champ magnétique qui se modifie, il faut nécessairement d'après les équations 9a qu'il existe une certaine distribution des forces électriques. Ces forces sont en général de très faible intensité parce que leur valeur renferme le facteur très petit A, et on ne peut les constater que par le courant qu'elles produisent dans des circuits fermés ou par le fait que leur action s'additionne dans des conducteurs linéaires très longs et fermés à une petite fraction près de leur longueur. Les actions donnant lieu à des résultats expérimentaux mesurables ne nous donnent donc toujours que l'action intégrale de la force électrique dans un circuit fermé, c'est-à-dire l'intégrale  $\int (Xdx + Ydy + Zdz)$  prise le long d'une ligne se refermant sur elle-même. D'après une transformation connue déjà employée cette intégrale de ligne est égale à l'intégrale de surface

$$\int \left( \left( \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} \right) \cos n, x + \left( \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} \right) \cos n, y \right. \\ \left. + \left( \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} \right) \cos n, z \right) d\omega$$

étendue à une surface limitée comme contour par la ligne donnée, la surface elle-même étant quelconque. Mais en se servant de l'équation 9a cette expression est égale à

$$A \frac{d}{dt} \int (\mathfrak{E} \cos n, x + \mathfrak{H} \cos n, y + \mathfrak{N} \cos n, z) d\omega.$$

Ce résultat qui s'énonce en disant que : la force électromotrice développée dans un circuit fermé est égale à la variation rapportée à l'unité de temps du nombre des lignes de force traversant le circuit multiplié par  $A$ . S'il s'agit de l'induction d'un circuit fermé à courant variable et si l'on suppose qu'il n'existe pas dans le voisinage de corps susceptible d'être aimanté, la force électromotrice est, d'après les résultats du paragraphe précédent, égale au produit du potentiel de Neumann des deux circuits l'un sur l'autre par la variation rapportée à l'unité de temps de l'intensité du courant inducteur, multiplié par  $A'$ . Ces énoncés dont le premier a le plus de généralité comprennent dans les conséquences qu'on en peut tirer tous les phénomènes observables dans les conducteurs en repos.

L'induction dans les conducteurs en mouvement ne se trouve pas comprise dans le champ auquel la présente étude se rapporte. Mais s'il s'agit de conducteurs linéaires nous pouvons rattacher cette forme de l'induction à l'induction dans les conducteurs en repos en admettant, comme principe, qu'il est indifférent, à l'égard de la force électromotrice dans un circuit fermé, que le champ magnétique immédiatement voisin se modifie par le mouvement de corps pondérables ou par des perturbations exclusivement électromagnétiques, pourvu que les modifications soient les mêmes dans la partie du champ qui l'entoure immédiatement. Il résulte de là et de ce qui précède que la force électrique induite dans un conducteur en mouvement est égale au nombre des lignes de force magnétique, coupées par le circuit dans un sens déterminé dans l'unité de temps, multiplié par  $A$ . Le produit de cette force électrique et de l'intensité du courant

dans le circuit déplacé donne d'après le paragraphe 11 le travail thermique ou chimique développé dans le circuit par l'induction. Ce travail équivaut donc, en conséquence des résultats du paragraphe précédent, et en tenant compte des signes, au travail effectué par les forces extérieures dans le déplacement du circuit. Ainsi, lorsqu'un courant maintenu constant se meut par rapport à des aimants fixes, l'énergie thermique et chimique développée compense le travail mécanique dépensé et l'énergie magnétique du système n'est pas modifiée. De plus, lorsqu'un courant maintenu constant se meut par rapport à un autre courant maintenu constant, le surplus d'énergie chimique et thermique que le mouvement implique pour l'un des circuits compense le travail mécanique dépensé, et le même surplus d'énergie que le mouvement implique pour l'autre circuit compense la diminution d'énergie du champ. Ou, pour parler plus exactement, la somme des deux premières quantités d'énergie compense la somme des deux secondes. L'équivalence indiquée à la fin du paragraphe 16 est ainsi obtenue.

#### 18. *Courants électrodynamiques non fermés.*

Eu égard aux faits expérimentaux possibles, ce domaine est le plus riche de tous puisqu'il comprend tous les problèmes que nous ne pouvons pas faire rentrer comme cas particuliers dans les autres groupes. Eu égard aux expériences réalisées il est au contraire jusqu'à présent très pauvre. Les oscillations des appareils d'induction non fermés ou des bouteilles de Leyde qui se déchargent peuvent être traitées avec une approximation

suffisante d'après les principes du paragraphe précédent. Les seuls phénomènes observés, qui se trouvent compris sous le titre présent, sont les ondulations et oscillations électriques de courte période sur lesquelles l'attention s'est récemment portée. En ce qui concerne le développement théorique de ce paragraphe nous nous bornons donc à remarquer que la décomposition de la force électrique en une partie électrostatique et une partie électrodynamique dans le problème général ne répond pas à une signification physique claire et n'offre aucun avantage sous le rapport mathématique, et qu'il y a lieu par conséquent de l'éviter, contrairement à ce qui a été fait dans des études antérieures.

#### 19. *Mouvement de la lumière dans les corps isotropes.*

Nous considérons comme appartenant au domaine de l'optique des mouvements électrodynamiques qui sont exclusivement périodiques et dont la durée de période ne dépasse pas une très petite fraction, disons un billionième de seconde. Aucun des moyens par lesquels nous sommes rendus capables de constater ces mouvements ne nous fait connaître la force électrique ou magnétique comme telle; nous déterminons seulement les rapports géométriques d'après lesquels les mouvements produits se propagent dans des directions différentes avec des intensités différentes. Par conséquent dans la représentation mathématique des phénomènes, on pourra se restreindre, par l'élimination de l'une des deux espèces de forces, à considérer la propagation de l'autre espèce seule, sans qu'il y ait de l'importance à choisir l'une plutôt que

l'autre. En nous limitant aux isolants homogènes isotropes, nous obtenons par les équations 4a et 4b, en éliminant en premier lieu la force électrique et en second lieu la force magnétique, des équations sous les formes suivantes :

$$\begin{aligned}
 & A^2 \epsilon \mu \frac{d^2 L}{dt^2} = \Delta L & A^2 \epsilon \mu \frac{d^2 X}{dt^2} = \Delta X \\
 19a. & A^2 \epsilon \mu \frac{d^2 M}{dt^2} = \Delta M & 19b. & A^2 \epsilon \mu \frac{d^2 Y}{dt^2} = \Delta Y \\
 & A^2 \epsilon \mu \frac{d^2 N}{dt^2} = \Delta N & & A^2 \epsilon \mu \frac{d^2 Z}{dt^2} = \Delta Z \\
 & \frac{dL}{dx} + \frac{dM}{dy} + \frac{dN}{dz} = 0 & & \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} = 0
 \end{aligned}$$

dont les solutions, indépendamment de la supposition de mouvements exclusivement périodiques, sont des solutions des équations 4a et 4b. Chacun des deux systèmes 19a et 19b fait reconnaître la possibilité d'ondes transversales et l'impossibilité d'ondes longitudinales ; chacun des deux systèmes donne pour la vitesse de propagation d'une onde possible la valeur  $1/A\sqrt{\epsilon\mu}$  et l'on peut déduire de chacun des systèmes les phénomènes de la propagation rectiligne, de la diffraction, de l'interférence de la lumière naturelle et de la lumière polarisée ainsi que les divers modes de polarisation. En revenant aux équations 4a et 4b, on constate que les directions des deux forces électrique et magnétique qui se produisent simultanément en un même point d'une onde plane sont perpendiculaires l'une à l'autre.

Faisons coïncider avec le plan des  $xy$  le plan limitant



## 62 ÉQUATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

deux isolants homogènes isotropes; il résulte du paragraphe 8, en tenant compte en outre de la circonstance qu'il s'agit de mouvements périodiques, que les variables satisfont aux conditions suivantes pour la surface limite :

$$\begin{array}{ll}
 L_1 = L_2 & X_1 = X_2 \\
 19c. \quad M_1 = M_2 & 19d. \quad Y_1 = Y_2 \\
 \mu_1 N_1 = \mu_2 N_2 & \epsilon_1 Z_1 = \epsilon_2 Z_2
 \end{array}$$

Chacun de ces systèmes d'équations aux limites, en y joignant les équations pour l'intérieur des deux corps, comprend les lois de la réflexion, de la réfraction, de la réflexion totale, c'est-à-dire les principes de l'optique géométrique. Chacun aussi permet de reconnaître que l'intensité de l'onde réfléchie ou réfractée dépend de son mode de polarisation et donne, pour cette relation ainsi que pour le retard de phase de l'onde réfléchie totalement, les formules de Fresnel. Si nous déduisons ces formules des équations de la force électrique 19b et 19d, elles se trouvent correspondre au développement que Fresnel lui-même en a donné. Si nous employons les équations de la force magnétique 19a et 19c, nous nous rapprochons de la marche suivie par F. Neumann pour obtenir les formules de Fresnel. La généralité de notre point de vue nous permet non seulement de vérifier que les deux procédés doivent conduire au même but mais aussi de reconnaître qu'ils sont également justifiés. Si dans les phénomènes qui se réalisent, la réflexion de la force électrique et celle de la force magnétique ne sont pas complètement réversibles et si par conséquent les deux procédés d'analyse paraissent différents, il faut l'attribuer

à la circonstance que dans presque tous les corps à considérer, la constante magnétique est égale à très peu près à un, tandis que la constante diélectrique varie notablement. Ce sont donc particulièrement les propriétés électriques qui déterminent les propriétés optiques des corps.

Si le plan  $xy$  est la surface de séparation de notre isolant et d'un conducteur parfait, les équations à satisfaire dans ce plan sont :

$$\begin{array}{lll} 19e. & N = 0 & 19f. \quad \begin{array}{l} X = 0 \\ Y = 0. \end{array} \end{array}$$

De ces équations, en y joignant celles pour le milieu isolant, il résulte que, pour tout angle d'incidence et tout azimut de polarisation, la réflexion est totale. Comme les conducteurs réels tiennent le milieu entre les conducteurs parfaits et les isolants, la réflexion à leur limite forme une transition entre la réflexion totale et la réflexion sur les corps transparents. Puisque la réflexion métallique présente ce caractère, on voit que nos équations paraissent propres à fournir aussi le thème général de la réflexion métallique. Il ne semble pas que l'on ait jusqu'ici suffisamment recherché dans quelle mesure un choix convenable des constantes peut rendre compte des particularités auxquelles ce genre de réflexion donne lieu. On a déjà mentionné dans le premier paragraphe que les phénomènes de dispersion nécessitent l'introduction d'au moins deux grandeurs électriques ou magnétiques, et sont exclus par conséquent du champ de nos considérations actuelles.

20. *Optique du cristal.*

Nous nous bornons à considérer le mouvements de la lumière dans l'intérieur d'un cristal homogène complètement transparent, en admettant de plus que les axes de symétrie de l'énergie électrique et l'énergie magnétique coïncident. Nous choisissons des axes de coordonnées parallèles à ces axes communs de symétrie et nous remplaçons pour simplifier

$$\epsilon_{11}, \epsilon_{22}, \epsilon_{33}, \mu_{11}, \mu_{22}, \mu_{33} \quad \text{par} \quad \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3$$

Les équations à employer 5a et 5b prennent la forme :

$$\begin{array}{ll} A\mu_1 \frac{dL}{dt} = \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} & A\epsilon_1 \frac{dX}{dt} = \frac{dM}{dz} - \frac{dN}{dy} \\ 20a. \quad A\mu_2 \frac{dM}{dt} = \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} & 20b. \quad A\epsilon_2 \frac{dY}{dt} = \frac{dN}{dx} - \frac{dL}{dz} \\ A\mu_3 \frac{dN}{dt} = \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} & A\epsilon_3 \frac{dZ}{dt} = \frac{dL}{dy} - \frac{dM}{dx} \end{array}$$

Ces équations s'intègrent en admettant une onde plane de lumière polarisée qui réponde à l'énoncé suivant : La force magnétique est perpendiculaire à la polarisation électrique et réciproquement. La direction des deux forces se trouve en général hors du plan de l'onde, celle des deux polarisations est dans ce plan. La direction perpendiculaire aux deux polarisations est par conséquent la normale à l'onde ; la direction perpendiculaire aux deux forces est celle suivant laquelle, d'après le para-

graphe 11, l'énergie se propage et s'appelle le rayon en optique. A toute position donnée de la normale à l'onde répondent en général deux ondes différentes de polarisations différentes, avec des vitesses différentes et des positions différentes du rayon qui leur appartient. Si l'on suppose qu'à un instant donné des ondes planes avec leur normale dans toutes les directions possibles se propagent à partir de l'origine, l'enveloppe des plans au bout de l'unité de temps est la surface désignée par surface de l'onde. Chaque plan d'onde est tangent à la surface en un point du rayon mené par l'origine, qui lui appartient. Pour cette surface enveloppe des ondes planes on trouve

$$20c. \left( \frac{x^2}{\epsilon_1} + \frac{y^2}{\epsilon_2} + \frac{z^2}{\epsilon_3} \right) \left( \frac{x^2}{\mu_1} + \frac{y^2}{\mu_2} + \frac{z^2}{\mu_3} \right) - \frac{x^2}{\epsilon_1 \mu_1} \left( \frac{1}{\epsilon_2 \mu_2} + \frac{1}{\epsilon_3 \mu_3} \right) \\ - \frac{y^2}{\epsilon_2 \mu_2} \left( \frac{1}{\epsilon_1 \mu_1} + \frac{1}{\epsilon_3 \mu_3} \right) - \frac{z^2}{\epsilon_3 \mu_3} \left( \frac{1}{\epsilon_1 \mu_1} + \frac{1}{\epsilon_2 \mu_2} \right) + \frac{1}{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 \mu_1 \mu_2 \mu_3} = 0$$

La surface du quatrième degré représentée par cette équation coupe les plans coordonnés suivant deux ellipses. Dans l'un des plans les ellipses se coupent en quatre points qui sont quatre ombilics de la surface; dans les deux autres plans, l'une des ellipses entoure l'autre et cet énoncé est indépendant des valeurs de  $\epsilon$  et  $\mu$ . Pour tous les cristaux réels, on a, avec une grande approximation,  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = 1$ ; dans ce cas la forme générale de l'équation se réduit à celle de la surface de l'onde de Fresnel, et des deux ellipses suivant lesquelles la surface coupe les plans coordonnés l'une se réduit à un cercle.

On sait qu'à la considération de la surface de l'onde et de ses modifications dans des cas particuliers se rattache l'explication de la double réfraction, de la réflexion sur les faces du cristal et de plusieurs des phénomènes d'interférence observés dans les cristaux. D'autres faits expérimentaux de l'optique du cristal qu'on ne peut ramener à la supposition d'une seule grandeur dirigée, soit électrique, soit magnétique, n'appartiennent pas à notre théorie dans son état actuel.

Nous avons, dans les numéros 17-20, traité successivement les différents cas de l'état variable dont l'importance a donné lieu jusqu'ici au développement de théories particulières.

Bonn, Mars 1890.

---

DE LA  
DÉTERMINATION DU POIDS MOLÉCULAIRE  
AU MOYEN DU PHÉNOL

PAR  
  
**M. Paul JUILLARD**

---

J'ai isolé, au cours de recherches sur l'huile pour rouge ture, un certain nombre de corps gras dont il fallait trouver le poids moléculaire par la méthode cryoscopique de Raoult; leur faible solubilité dans l'acide acétique ne permettant pas d'appliquer à cette détermination ce dissolvant généralement en usage, j'ai dû recourir à une substance plus appropriée. Mon choix s'est porté sur le phénol<sup>1</sup>.

En appelant :

P le poids du phénol,

C l'abaissement du point de congélation,

$q$  le poids de la substance à étudier,

$d$  l'abaissement moléculaire de congélation du phénol,

<sup>1</sup> J'ai employé un phénol très pur qu'on trouve depuis quelques mois dans le commerce sous le nom de phénol synthétique; il fond à 40°,25 C.

le poids moléculaire  $M$  de la substance est donné par la formule :

$$M = \frac{d \times q \times 100}{C \times P}$$

$M$ . Raoult fixe à 67,5 la valeur de l'abaissement moléculaire du phénol et  $M$ . Eykmann à 77 ; j'ai reconnu que le premier de ces chiffres est correct en faisant une série de déterminations sur des substances organiques à poids moléculaire connu. Comme ces substances appartiennent chacune à une classe de corps à fonction spéciale, il est permis de tirer des résultats obtenus des déductions applicables à ceux dont ils sont les représentants.

Ces résultats sont consignés dans le tableau suivant:

Substance.	Poids du phénol.	Abaissement du point de fusion.	Poids de la matière.	Trouvé.	Calculé.
	gr.	° C.	gr.		
Eau $H^2O$ .....	50.90	1.87	0.2524	18.14	18
$\beta$ naphтол $C^{10}H^8O$ .....	50.60	1.83	1.951	142.87	144
Alcool amylique $C^9H^{18}O$ ..	50.10	2.4	1.476	81.40	88
Éther diéthylique de l'acide tétrachlorophthalique					
$C^{12}Cl^4O^4H^{10}$ .....	51.65	0.95	2.4464	335	360
Aniline $C^6H^7N$ .....	50.35	3.2	2.1562	90.27	93
Acide ricinoléique .....	50.53	1.05	2.372	302	298
$C^{18}H^{34}O^2$ .....	50.25	3.42	7.448	292	298
Phthalide $C^8H^6O^2$ .....	50.4	1.25	1.107	148.6	134
Fluorène $C^{10}H^{10}$ .....	50	2.3	3.0756	177	166
Salol ou salicylate de phényle $C^{12}H^{10}O^3$ .....	50	2.3	3.6942	216	214
Anhydride phthalique .....	50.4	2.65	2.914	147.3	148
$C^8H^4O^3$ .					

On remarquera que la différence entre les nombres trouvés et ceux prévus par la théorie est en général peu

sensible ; l'écart, qui est d'autant plus marqué que la substance étudiée est plus difficile à préparer à l'état de pureté parfaite, semble dû, par conséquent, moins à l'imperfection de la méthode qu'à l'homogénéité des substances soumises à l'examen. Toutes ont le coefficient d'abaissement moléculaire unique, 67,5, cité plus haut. Le phénol ne semble pas offrir, ce qui est un grand avantage, les anomalies signalées par M. Raoult pour la benzine. D'après ce savant, en effet, le poids moléculaire des alcools et des acides déterminé dans la benzine est moindre de moitié à sa valeur réelle.

Je n'ai à mentionner jusqu'à présent qu'une exception à cette régularité ; l'huile de ricin, qui est du triricinoléate glycérique presque pur, ne donne pas des résultats constants :

Phénol. Matière. Abaissement. Trouvé. Calculé.

Triricinoléate de glycérine $C^{57}H^{104}O^9$ . . . .	50	3,666	0,7	707	932
Idem . . . . .	50,35	8,322	2,1	512	932
Idem . . . . .	50,2	12,4012	3,55	469,7	$\frac{932}{2} = 466$

Les chiffres oscillent entre deux limites, celle du poids moléculaire normal et la moitié de ce poids ; il y a là un cas bien manifeste de dissociation en un milieu liquide, dissociation qui devient complète lorsque le poids de la matière est suffisant.

Le dispositif de l'appareil dont je me suis servi dans mes essais est simple et d'un emploi facile ; c'est un flacon à large col, de 60 centimètres cubes, en verre épais, pour éviter le refroidissement trop rapide du phénol ; il est fermé par un bouchon de liège percé d'un trou par lequel passe à frottement dur un thermomètre de préci-

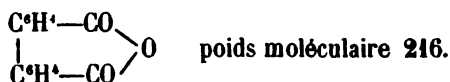


sion donnant le dixième de degré. On introduit le phénol fondu, on pèse et on agite vivement à la main; dès que la cristallisation commence, on prend le point de congélation maximum. On répète cette opération avec le phénol contenant la substance à étudier; il ne reste plus qu'à déduire l'abaissement du point de fusion et à procéder au calcul. La détermination du poids moléculaire, pesées comprises, ne dure pas plus d'une demi-heure.

Aussi, étant données l'exactitude des résultats, les anomalies peu fréquentes et la rapidité de la manipulation, ce mode de détermination est appelé à rendre aux chimistes de réels services.

Je relate ici d'autres expériences.

Suivant MM. Græbe et Aubin, l'anhydride diphénique est exprimé par la formule :



Le poids moléculaire pris dans l'acide acétique fournit des chiffres qui se rapprochent de celui prévu par la théorie; cependant, comme ils sont notablement plus petits, MM. Græbe et Aubin expliquent cette anomalie par une hydratation partielle de l'anhydride diphénique aux dépens de l'acide acétique; cette cause d'erreur disparaît avec le phénol.

Une détermination, faite à l'instigation de M. Græbe, a donné : 218,6 (théorie 216)

Poids du phénol . . . .	50,9
matière . . . . .	1.8436
abaissement . . . . .	1°.10

En partant du fluorène  $\text{C}^{\text{H}}$ , M. de Mantz a pré-

paré un carbone de couleur rouge brique; il aurait la formule  $C^{14}H^{14}$  et le poids moléculaire 328.

D'autre part, Beyer a obtenu par la fusion de la fluorescéine avec la potasse un corps qui est de la fluorescéine dans laquelle une molécule de résorcine serait remplacée par un hydroxyle. M. Kohn a condensé ce corps et obtenu un dérivé dont le poids moléculaire serait de 512.

La méthode cryoscopique confirme leurs prévisions ainsi que je m'en suis assuré :

	Phénol.	Abaissement.	Matière.	Trouvé.	Calculé.
Deshydrodifluorène (de Mantz)					
$C^{14}H^{14}$ .....	51.15	0.8	1.9462	321	328
Dérivé de la fluorescéine condensé (Kohn) .....	50.20	0.9	3.44	512	498

Laboratoire de M. Græbe.

Genève, le 11 juillet 1890.

# VOYAGE D'EXPLORATION DE *LA GAZELLE*

DURANT LES ANNÉES 1874 A 1876

## Partie III. — Zoologie et Géologie.

Par le D<sup>r</sup> Th. STUDER

(Un volume in-4° de 322 pages avec 33 planches. Berlin, 1889.)<sup>1</sup>

---

Le volume publié, en 1889, par le bureau hydrographique du ministère de la marine, à Berlin, sous le titre de troisième partie du *Voyage d'exploration de la Gazelle*, renferme un aperçu général des découvertes et observations faites par le D<sup>r</sup> Th. Studer dans la zoologie et la géologie, durant les années 1874 à 1876 que dura l'expédition du navire allemand autour du monde. Engagé d'abord dans la commission chargée d'étudier le passage de Vénus à Kerguelen, Studer fut ensuite attaché à la mission scientifique de *la Gazelle* et appelé à poursuivre ses recherches dans les différentes régions de l'océan austral.

Les riches collections amassées par notre compatriote

<sup>1</sup> Die Forschungsreise S. M. S. « Gazelle » in den Jahren 1874 bis 1876 unter Kommando des Kapitän zur See Freiherrn von Schleinitz, herausgegeben von dem hydrographischen Amt des Reichs-Marine-Amtes. III Theil, Zoologie und Geologie, mit 33 Tafeln. Berlin, 1889.

ont fait le sujet d'études très circonstanciées et fourni matière à de nombreux et importants travaux dans diverses publications, tant de la part de Studer que de celle de différents spécialistes. Ce beau volume contient donc, avec 33 planches fort bien exécutées, un exposé sommaire des résultats acquis, d'autant plus intéressant qu'il émane de la plume savante du voyageur lui-même, et que celui-ci, avec un ordre parfait, a su toujours y concilier l'attrait du récit et l'exactitude scientifique la plus complète. On y trouve, à leur place respective, tantôt l'énuméré des différents animaux observés, vertébrés et invertébrés, en diverses conditions, et la citation des espèces nouvelles, tantôt de précieux détails descriptifs relevés des études propres de l'auteur, soit sur différents représentants de la faune marine en diverses classes, soit sur l'embryogénie de quelques oiseaux rares ou peu connus. Ajoutez à cela un compte rendu des observations journalières du voyageur dans le domaine de la biologie et souvent d'importantes considérations générales sur les caractères et les relations, tant géologiques que faunistiques de telles et telles régions, ainsi que d'intéressantes conclusions quant à la distribution géographique des êtres sur la surface du globe et les affinités passées et présentes des îles et des continents.

Le voyage est divisé en six parties, dont les cinq premières correspondent à autant de régions d'exploration successives : 1° de Plymouth à la ville du Cap ; 2° la terre de Kerguelen ; 3° de Kerguelen à la Nouvelle-Guinée ; 4° Nouvelle-Guinée, Iles Anachorètes, Archipel de Bismarck ; 5° de l'Archipel de Bismarck au détroit de Magellan. La sixième partie est plus spécialement réservée au résumé des observations relatives à la faune pélagique.

Enfin, deux petits suppléments sont consacrés, l'un à une étude des Holothuries par le Dr Kust Lampert, l'autre à la citation des divers travaux jusqu'ici publiés sur les matériaux zoologiques et géologiques fournis par l'expédition de *la Gazelle*.

Il est difficile d'analyser un ouvrage qui, comme celui-ci, n'est déjà que le résumé d'une foule d'observations et de comparaisons plus ou moins reliées les unes aux autres. Deux mots, cependant, sur chacune des parties du voyage, suffiront à donner une idée de la compétence et de l'activité du naturaliste auquel les recherches dans deux branches importantes de la science furent exclusivement confiées par le ministère allemand.

1° Dans la première partie, de *Plymouth à la ville du Cap*, sont consignées les observations relatives à la faune marine de l'Afrique occidentale, d'où il ressort que celle-ci se rapproche surtout de la faune tertiaire miocène. On y trouve aussi les résultats de nombreux dragages opérés chemin faisant, ainsi que quelques données sur la faune en général des places visitées sur la côte africaine. Une intéressante comparaison des espèces terrestres et marines rencontrées à l'île de l'Ascension paraît établir que la faune de celle-ci proviendrait aussi bien de l'est que de l'ouest.

II° Un séjour de trois mois et demi sur la terre aride de *Kerguelen*, volontiers connue sous le nom de la *Désolation*, a permis au Dr Studer d'étudier à la fois la géologie et la zoologie de cette île perdue dans l'océan ; il nous donne, avec ses observations propres, le résumé de toutes celles, anciennes et contemporaines, faites à Kerguelen dans les deux branches en question. Certains points de la biologie et de l'embryogénie des oiseaux, plus spéciale-

ment des Pétrels et du Pingouin ont, comme je l'ai dit, attiré son attention. L'étude du développement du squelette des membres vient en particulier confirmer l'opinion de Watson relativement à l'antiquité probable du type de l'*Eudyples chrysocome*. La terre de la Désolation présente aussi une intéressante petite faune de crustacés d'eau douce : Cyclopidés et Cladocères. Des tabelles fort instructives et qui ont dû nécessiter un très grand travail, établissent la distribution géographique en toutes mers et régions des animaux marins jusqu'ici observés à Kerguelen.

La faune de cette île fait partie d'une vaste faune antarctique circompolaire que l'on peut diviser en deux principales régions : l'une s'étendant des côtes du cap Horn, à l'est, sur toutes les îles comprises entre la pointe méridionale de l'Amérique et l'île de Kerguelen, l'autre comprenant la partie méridionale de la Nouvelle-Zélande, ainsi que de la Tasmanie et les îles du sud. Les diverses côtes de la première de ces régions, que l'on peut appeler Magellanique, ont dû être longtemps plus intimement unies que de nos jours. La faune de Kerguelen a, en somme, plus de rapport avec celle de la pointe sud de l'Amérique qu'avec la faune Sud Néo-Zélandaise.

III<sup>e</sup> La troisième partie, comprenant le voyage de *Kerguelen à la Nouvelle-Guinée*, fournit quelques aperçus sur St-Paul et l'Île Maurice, et surtout d'importantes données sur les résultats des dragages opérés en dehors des récifs madréporiques. La partie occidentale de l'Australie, la baie des Naturalistes et l'archipel de Dampier fournissent aussi matière à d'intéressantes observations; la faune marine de l'Indo-Pacifique se poursuit jusque sur les côtes occidentales de l'Australie. La petite île Dana,

entre l'Australie et Timor, paraît n'être qu'un atole ou récif corallien soulevé. Timor lui-même donne lieu à diverses observations nouvelles zoologiques et géologiques, ainsi qu'à une comparaison des dernières avec les connaissances jusqu'alors acquises sur la localité. Enfin, quelques orthoptères cavernicoles sont découverts dans une grotte de l'île Amboina.

IV° Les explorations dans la *Nouvelle-Guinée, les îles Anachorètes et l'archipel de Bismarck* font l'objet d'intéressantes observations, dont on ne peut citer ici que quelques-unes seulement. Le golfe de Mac Cluer et le détroit de Galewo nous sont représentés comme baignant un pays couvert de forêts impénétrables et sillonné par un réseau d'étroits canaux de mer; la côte ayant dû subir un abaissement récent bien accentué. La faune, qui fait le sujet de diverses remarques, présente entre autres, quant aux coraux, des caractères très particuliers dans le détroit de Galewo.

Les côtes sud de l'archipel de Bismarck ont été, pour la première fois, relevées et étudiées par la *Gazelle*. On y reconnaît une chaîne granitique formant le centre des îles, tandis que les côtes de celles-ci offrent partout des roches volcaniques et des récifs coralliens soulevés. Dans la Nouvelle-Bretagne, ou New-Pommern, on a constaté la présence d'un bassin entouré de volcans. La faune et la flore de cette île rappellent assez celles de la Nouvelle-Guinée : même rareté de mammifères et, par contre, même richesse ornithologique. Le Mégapode (*Megapodius eremita*), dont les œufs, très gros et d'ordinaire au nombre de deux, sont abandonnés dans des galeries souterraines, naît avec toutes ses plumes et capable, dès l'éclosion, non seulement de courir rapidement, mais encore de voler ou

voleter, avec des ailes déjà pourvues de toutes leurs rémiges. Le duvet, chez cet oiseau, ne dépasse pas le développement de simples gaines. Un chapitre particulier est consacré aux animaux domestiques de l'archipel; le chien des indigènes présente dans son crâne, ainsi que le cochon, passablement de rapports avec celui des habitations lacustres.

V° Dans la suite du voyage, de l'archipel de Bismarck au détroit de Magellan, on trouve encore foule de précieuses données faunistiques et de résultats de dragages à différentes profondeurs. L'île de Bougainville, dans l'archipel de Salomon, porte un volcan en activité et fournit matière à quelques observations zoologiques. De nombreux dragages intéressants ont été faits dans la baie de Moreton (Queensland), et c'est par l'un de ceux-ci, opéré à 14 mètres 6, qu'a été découverte une seconde et nouvelle espèce d'*Amphioxus*. Peters, chargé plus spécialement de l'étude des poissons rapportés, a décrit celui-ci sous le nom générique nouveau de *Epigonichthys cultellus*; mais Studer, en donnant une figure et une anatomie plus détaillées de l'espèce, a ramené ce petit poisson inférieur dans le genre *Amphioxus*, près de l'*Amph. lanceolatus*, qui habite toutes les parties du monde, et dont il se distingue surtout par la disposition des plis pharyngiens et par l'absence d'échancrures séparant la nageoire caudale des nageoires dorsale et anale.

Plusieurs îles ont ensuite reçu la visite des hôtes de la *Gazelle* : les îles de Fidji, de Viti-Levu, l'archipel de Tonga, etc., etc.

Les dragages dans le détroit de Magellan et sur la côte orientale de la Patagonie ont amené au jour une foule d'espèces nouvelles. Signalons en particulier la



découverte curieuse de Siphonophores des profondeurs, et la constatation non moins intéressante du fait que les larves des animaux côtiers s'éloignent jusqu'à 400 milles marins (150 lieues environ) des rives les plus proches.

En somme, le résumé parfaitement clair et précis au moyen duquel le Dr Studer nous permet d'embrasser d'un coup d'œil les diverses pérégrinations et observations de *la Gazelle*, constitue un ouvrage à la fois très intéressant et des plus instructifs. Pour qui n'a pas à rechercher les détails de nombreuses descriptions spécifiques éparses dans diverses publications, le volume relatif à la zoologie et à la géologie suffit à donner une idée très exacte des caractères faunistiques et des richesses relatives des différentes régions successivement explorées; sans compter qu'on y trouve, ce que l'on rencontrerait difficilement ailleurs, quantité de considérations et de précieuses comparaisons qui relient savamment à l'ensemble des connaissances actuelles les découvertes plus récentes de *la Gazelle*, sur divers points de son parcours. V. F.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## PHYSIQUE

**Jules GIRARD. RECHERCHES SUR LES TREMBLEMENTS DE TERRE.**  
4 vol. Paris, E. Leroux, 1890.

M. Girard, secrétaire-adjoint de la Société de géographie de Paris a réuni dans ce petit volume les principaux résultats acquis par la sismologie. Tous ceux qui s'intéressent à la physique du globe lui sauront gré de ce résumé clair, intéressant et facile à lire. Un chapitre important est consacré à la description des principaux instruments sismographiques, et aux conséquences que l'on peut déduire de leurs tracés. Les expériences et les observations relatives à la propagation des secousses et à leurs effets, sont étudiées dans leurs traits généraux, et l'ouvrage se termine par une revue des relations plus ou moins certaines que l'on a signalées entre les tremblements de terre et les phénomènes astronomiques et météorologiques.

C. S.

---

## CHIMIE

**R. NIETZKI et B. POLLINI. ACIDES SULFONIQUES DES NITROTOLUIDINES.** (*Berichte*, XXIII, p. 138, Bâle.)

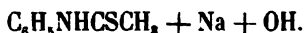
Ces acides sont préparés en nitrant les dérivés acéty-

lés des sulfotoluidines ; les auteurs ont ainsi obtenu  $C_6H_2(CH_2^1)(NH_2^2)(NO_2^4)(SO_3H^6)$ , dont la nitrotoluidine fond à  $97^\circ$ , et, en partant des acides p. sulfoniques 1, 2, 4 et 1, 3, 4, la nitrotoluidine  $C_6H_2NH_2^1NO_2^2CH_3^4$ . Ces acides cristallisent en aiguilles et peuvent être réduits en acides diamidés, qui, traités par les orthodicétones, donnent des azines.

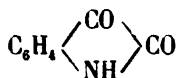
---

H. GOLDSCHMIDT et Aloïs MEISSLER. ESSAIS POUR ÉTABLIR LA CONSTITUTION DES COMBINAISONS TAUTOMÈRES. (*Berichte*, XIII, p. 253, Zurich.)

Ces chimistes sont partis de l'idée que, pour les corps tautomères (corps qui, suivant la réaction à laquelle on les soumet, paraissent avoir deux formules de constitution, mais qui d'après eux n'existent que sous une seule forme constitutionnelle), les réactions qu'ils subissent sous une influence électrolytique sont dues aux constituants des électrolytes ; ainsi, par exemple, la réaction de la thiacétanilide avec la soude doit s'écrire



On voit alors pourquoi cette réaction ne peut pas expliquer la constitution primitive de la thiacétanilide, le Na ne venant pas remplacer l'H mais se portant sur le S pour former  $C_6H_5NCSNaCH_3$ . Ils croient avoir trouvé dans le cyanate de phényle un corps qui, par ses réactions nettes, permet d'établir la constitution de certains tautomères, en tant qu'il agit sur les corps renfermant le groupe OH ou SH et pas sur ceux qui ont une constitution lactonique ou cétonique. Pour l'isatine, par exemple, leurs essais tendent à prouver la formule



OTTO KYM. CHLORURES D'URÉES DE LA SÉRIE AROMATIQUE. (*Be-  
richte*, XXIII, p. 424, Zurich.)

Ce chimiste, en traitant la phényl- $\beta$ -naphtylamine et la  $\beta$  dinaphtylamine par l'oxychlorure de carbone en dissolution dans le toluène, a obtenu des dérivés de ces corps qui, traités par l'ammoniaque ou l'aniline, donnent des urées. On a, par exemple,  $(C_6H_5C_{10}H_7)NCOCl$ , puis  $(C_6H_5C_{10}H_7)NCONHC_6H_5$ .

COMPTE RENDU DES SÉANCES  
DE LA  
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES  
A LAUSANNE

---

*Séance du 7 mai 1890.*

Bugnion, prof. Développement post-embryonnaire de l'*Encyrtus fuscicollis*. —  
F.-A. Forel. Notes de voyage.

M. le D<sup>r</sup> E. BUGNION expose les résultats principaux de ses études sur le développement post-embryonnaire de l'*Encyrtus fuscicollis*, hyménoptère minuscule parasite des chenilles de *Tinea cognatella*, et rend compte, à ce propos, des recherches récentes de Weissmann, Künckel, d'Herculais, Ganin, Viallanes, Kowalevski et van Dees sur la métamorphose des insectes et plus spécialement sur les formations connues sous le nom de « disques imaginaires » ou « histoblastes ». Ce travail, accompagné de six planches (déjà gravées), paraîtra dans le *Recueil zoologique suisse*; un résumé rédigé par l'auteur sera inséré dans notre *Bulletin*.

M. F.-A. FOREL décrit les lacs volcaniques d'Albano et de Nemi, dans les monts Albains, près de Rome, qu'il a visités le 28 mars 1890. La couleur de ces lacs était ce jour-là du n° VIII de la gamme Forel, soit 35 % de solution jaune dans le bleu.

Ces lacs n'ont, en fait d'affluents, que des sources alimentées par l'eau de pluie ou de neige; il n'y a pas à penser à des marais tourbeux pour expliquer leur couleur verte. Mais M. Forel croit pouvoir l'attribuer aux substances hermiques dissoutes par l'eau de drainage qui traverse un sol riche en matières végétales en décomposition.

*Séance du 21 mai.*

D<sup>r</sup> Bertschinger. Tableau de la distribution des nouveaux genres d'ammonites. —  
Jean Cruchet. Observations sur les tabanides.

M. le D<sup>r</sup> BERTSCHINGER présente un grand tableau graphique *sur la distribution des nouveaux genres d'ammonites*. Ce tableau démontre le développement que chacun des nouveaux genres jurassiques et crétaciques (environ 50) a pris dès sa première apparition jusqu'à sa disparition. Le groupement général et la prépondérance des divers genres dans les séries jurassiques et crétaciques sont aussi représentés. Le tableau, arrangé surtout en vue des besoins de l'enseignement, est cédé par l'auteur au Musée géologique.

M. J. CRUCHET, agriculteur, rend compte de quelques observations d'un haut intérêt qu'il a faites sur la famille des *tabanides*, sur les taons en particulier. M. Cruchet s'est demandé ce que devient la masse relativement considérable de sang absorbée par les femelles de ces insectes. On sait que l'insecte à l'état parfait ne grandit plus; il n'a, par conséquent, pas besoin de matières azotées dont le rôle est d'entretenir ses fonctions vitales. Le sang qu'absorbent les insectes suceurs n'est donc pas digéré. M. Cruchet, en enfermant quelques taons et en les observant de près, a pu s'assurer que ce sang était utilisé par l'animal pour la formation de ses œufs; il a remarqué de plus que leur nombre était proportionnel à la masse de sang ingérée.

M. Cruchet termine par quelques remarques sur les conditions nécessaires au développement soit des taons, soit des

moustiques. Les années à la fois chaudes et humides leur sont particulièrement favorables, tandis que le froid et le sec leur nuisent beaucoup. L'été de 1870, par exemple, qui fut très sec, fut remarquable aussi par la faible quantité des taons. La même chose s'observa pendant l'été pluvieux et froid de l'année dernière.

*Séance du 4 juin.*

E. Chuard, prof. Contribution à l'étude des espèces minérales de formation contemporaine. — Henri Dufour, prof. Rotation d'une masse conductrice dans un champ magnétique. — Bieler. Pelage des animaux. — F.-A. Forel, prof. Glaciers des Alpes en 1889.

M. E. CHUARD, professeur, communique *les premiers résultats d'une étude concernant les formations minérales à la surface des bronzes provenant de nos diverses stations lacustres*, étude qui pourra contribuer, dans une certaine mesure, à la connaissance des phénomènes ayant présidé à la production naturelle de quelques minéraux de l'écorce terrestre.

Une série d'objets examinés par M. Chuard étaient enveloppés d'une sorte de gaine très mince, facile à détacher, de couleur jaune, à éclat métallique, recouvrant le métal d'une manière uniforme. Examinée au microscope, cette substance présente un enchevêtrement de facettes triangulaires brillantes, parfaitement reconnaissables. Son analyse la range parmi les *chalcopyrites*, dont elle ne diffère que par une teneur assez forte en étain (5,07 %) et une proportion de soufre plus faible (27,09%).

La formation de ce minéral sulfuré dans des eaux de lac n'est pas sans intérêt, en ce qu'elle montre qu'il n'est pas nécessaire, pour expliquer la formation de ce genre de minéraux, de supposer l'action d'eaux sulfureuses; la seule réduction des sulfates et la décomposition des matières organiques suffit à apporter le soufre nécessaire, pourvu que les phénomènes durent un temps suffisant. Des bronzes provenant d'une autre station, celle de Morges, dite des *Roseaux*,

ont fourni à M. Chuard des altérations d'un genre très différent: sous un feutrage de substances organiques recouvrant les objets, se trouvait une couche épaisse de produits minéraux, parmi lesquels on a reconnu: le cuivre carbonaté, l'étain oxydé et en plusieurs points de véritables amas de cristaux microscopiques, parfaitement nets, de cuprite. Il n'a pas été possible de constater la présence même d'une trace de soufre dans ces divers produits, qui proviennent donc uniquement d'oxydation.

M. Chuard se propose de continuer les recherches dans cette direction et d'étudier, en particulier, la cause des différences si marquées dans la nature des produits d'altération, sur des objets de même composition qui, à première vue, paraissent avoir été soumis à des actions assez comparables, puisque les objets examinés proviennent tous de la vase de nos lacs (Léman et Neuchâtel).

M. GOLLIEZ fait remarquer que ce qu'il y a surtout de très important et intéressant à relever dans l'analyse de M. CHUARD, c'est la présence d'une aussi grande quantité de soufre. Cet élément n'est attribuable qu'aux matières organiques en putréfaction dans les limons où déposaient les objets. Il y a pour le géologue un intérêt puissant à bien constater ce fait, car il nous explique la provenance du soufre dans une foule de couches où les débris organiques ont subi la fossilisation pyriteuse, alors que rien ne permet de supposer que les gaz sulfureux aient dû être abondants dans les mers de ces divers âges.

M. Henri DUFOUR, prof., expose le résultat de ses observations *sur les mouvements de rotation d'une masse conductrice telle que le cuivre dans un champ magnétique*. On sait qu'il se produit dans ce cas des courants induits (appelés souvent courants de Foucault), dont l'action électro-dynamique s'oppose à la continuation du mouvement; il y a donc un phénomène analogue à un frottement.

On montre ordinairement ce fait en employant un cube de cuivre suspendu à un fil vertical tordu; le cube tourne



rapidement aussi longtemps que l'électro-aimant entre les pôles duquel il est placé est inactif; il s'arrête lorsque l'électro-aimant agit. On considère cet arrêt comme produit par la réaction des courants induits dans le bloc. M. Dufour fait remarquer que les courants induits n'existant que pendant le mouvement de la masse de cuivre et cessant avec ce mouvement, ne peuvent produire qu'un *ralentissement* du mouvement et aucun arrêt; le bloc devrait continuer à tourner dans le champ magnétique avec une vitesse telle que les courants induits aient une valeur suffisante pour s'opposer à l'accélération. Il faut donc chercher, pour l'explication du phénomène de l'arrêt d'un bloc *rectangulaire*, une autre force faisant équilibre dans certaines positions du bloc au couple de torsion; cette cause existe dans l'action diamagnétique de l'aimant sur le bloc, action qui est maximum pour certaines positions du morceau de cuivre. A l'appui de cette manière de voir, M. Dufour dit que conformément à la théorie il n'y a pas d'arrêt du mouvement d'un cylindre de cuivre tournant autour d'un axe parallèle à ses génératrices, mais seulement ralentissement du mouvement. La théorie fait prévoir aussi que le mouvement d'une lame de cuivre sera irrégulier, mais périodique, lorsqu'elle tourne dans un champ magnétique, et l'expérience confirme cette prévision.

M. BIELER, directeur de l'Institut agricole, donne quelques renseignements *sur les variations de teinte du manteau des animaux domestiques et spécialement dans l'espèce bovine*. Il fait ressortir l'importance de la diminution et de l'excès de pigmentation dans la valeur des animaux. M. Bieler pense que la coloration de la peau n'est pas unique, mais qu'on y rencontre des éléments de couleurs diverses, telles que le bleu et spécialement le roux, qui passent au noir en s'accroissant.

En ce qui concerne la répartition des teintes sur le corps, M. Bieler croit que le pigment offre une certaine mobilité et il cite des exemples de parties qui se décolorent, comme il y en a aussi qui se colorent dans le courant de la vie d'un même animal.

La répartition des taches a été attribuée à une sélection qui tendrait à produire une mimique protectrice. Mais s'il y a quelque apparence de vérité dans cette assertion lorsqu'il peut s'agir des raies du tigre ou des ocellures des autres félins, la même cause n'est plus aussi vraisemblable lorsqu'il est question des zèbres. Elle n'est plus vraie non plus pour les très nombreux bovins (au moins aussi nombreux que les tigres) qui portent des rayures que l'on appelle *bringeures* ou *rimures*. De même pour les très nombreux animaux, cynins ou bovins, chez lesquels la coloration est accentuée sous forme d'ocelles appelées pommelures ou miroitures.

M. Bieler pense que l'on doit plutôt chercher la cause de ces variations de teinte dans des conditions du sol et de l'atmosphère. Comme la couleur des plantes est influencée par la nature du terrain et par l'oxygénation, les animaux, même en domesticité, peuvent subir un effet de coloration des mêmes agents, et il y aurait à observer dans cette direction.

Enfin M. Bieler montre sur une carte d'Europe la répartition des races de bovins d'après leur manteau, spécialement en ce qui concerne les rapports de la race tachetée de la Suisse occidentale avec les races aussi tachetées du nord de l'Europe qui seraient arrivées en Suisse en remontant le Rhin. La race dite tachetée se trouve des deux côtés du Jura, dans les limites de l'ancien royaume Burgonde et, au lieu de lui chercher une origine locale, il faudrait plutôt la considérer comme une race burgonde, ayant subi dans les diverses vallées où elle s'est acclimatée, des variations de taille, de coloration et d'aptitude, suivant les conditions telluriques et climatiques.

M. F.-A. FOREL présente son rapport annuel *sur l'état des glaciers des Alpes*.

Dans l'année 1889 l'on a constaté le commencement de la crue de deux glaciers de premier ordre, le glacier du Rhône et le glacier des Bois de Chamonix, ainsi que de deux ou trois petits glaciers du groupe de l'Ortler.

Le nombre des glaciers en état de crue constatée s'élève, pour l'ensemble des Alpes, à 55 se répartissant comme suit :

Tous les glaciers du Mont-Blanc.

Une forte proportion des glaciers des Alpes valaisannes et bernoises.

Quelques glaciers isolés dans les massifs du Pelvoux (Dauphiné) et de l'Ortler (Tyrol).

Sauf le groupe de l'Ortler, l'ensemble des glaciers des Alpes autrichiennes et grisonnes sont encore en état de décrue ou stationnaires.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUIN 1890

---

Le 1, très forte rosée le matin.

5, tonnerres au N. de 1 h. 34 m. à 2 h. du soir.

12, fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir; éclairs et tonnerres au SW. de 1 h. 54 m. à 2 h. 22 m. du soir; première chute de grésil à 2 h. 05 m., seconde à 2 h. 16 m.; nouveaux tonnerres au S. à 3 h. 28 m.

13, fort vent du S. dans la nuit.

20, brouillard enveloppant à 3 h. et demie du matin.

21, forte rosée le matin; éclairs au NE. à 10 h. du soir; ils continuent pendant la nuit dans différentes directions.

25, forte rosée le matin.

26, éclairs et tonnerres au NW. de 8 h. et demie à 9 h. et quart du soir; ces éclairs continuent dans cette direction jusque vers 10 h. du soir.

27, éclairs et tonnerres au NW. à 7 h. 25 m. du matin, puis à l'W. à 9 h. 10 m.; orage au SW. à 4 h. 20 m. du soir; il se dirige vers le SE. et dure jusqu'à 5 h. Éclairs au NE. à 10 du soir.

28, de 7 h. 52 m. à 9 h. du soir, éclairs et tonnerres à l'W. et au NNW.; forte pluie dans la nuit.

30, très forte rosée le matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 9 h. matin .....	730,58	Le 2 à 4 h. soir .....	722,78
7 à 11 h. soir .....	733,15	4 à 5 h. soir .....	723,65
11 à 1 h. matin .....	726,56	10 à 5 h. soir .....	722,22
15 à 5 h. matin .....	733,88	12 à 1 h. soir .....	722,99
18 à 10 h. soir .....	732,47	17 à 6 h. soir .....	723,88
25 à 8 h. matin .....	731,68	21 à 6 h. soir .....	727,96
29 à 1 h. soir .....	726,78	28 à 8 h. soir .....	723,67

Baromètre.			Température C.				Fract. de saturation en millièmes.				Pluie en mm.		Vent dominant.		Nébulosité moyenne.		Temp. du Rhéom.		Limnète à 11 h.		
Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	millim.	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	N.	Dir.	+ °	°	°	°	cm	
1	2.56	722.78	725.09	14.36	0.98	9.1	18.7	666	-38	530	860	...	...	N.	4	0.57	...	...	...	141.0	
2	0.05	726.92	728.90	13.41	2.05	6.8	18.0	612	92	410	880	...	...	N.	1	0.10	14.5	-0.7	...	139.0	
3	3.14	728.64	730.38	14.54	1.04	6.0	20.9	659	-45	480	860	...	...	variable	...	0.18	14.5	-0.6	...	140.2	
4	3.26	728.65	730.43	18.52	2.82	12.7	25.0	638	66	330	890	...	...	SSW.	1	0.52	15.3	-1.2	...	141.3	
5	3.90	729.33	731.72	18.40	2.82	10.0	24.0	572	-132	340	840	1.8	1	N.	1	0.53	15.7	-1.5	...	142.0	
6	4.07	729.89	731.59	18.18	2.24	10.9	25.5	609	-95	320	900	...	...	SSW.	1	0.90	16.4	-2.1	...	138.0	
7	4.85	730.63	733.15	16.91	0.85	11.7	22.5	615	89	390	940	1.4	1	N.	1	0.55	16.6	-2.2	...	136.2	
8	3.06	730.13	732.97	14.51	1.66	7.3	19.6	531	-173	260	800	...	...	N.	1	0.35	...	...	...	137.0	
9	2.83	728.28	730.58	15.41	0.87	7.1	19.5	539	-165	390	770	...	...	N.	1	0.42	16.0	-1.3	...	135.5	
10	0.81	722.22	728.42	16.35	0.04	8.2	27.0	645	-58	270	900	10.5	4	SSW.	1	0.50	16.4	-1.6	...	137.2	
11	0.99	724.77	726.56	15.56	0.94	12.0	18.0	699	-4	530	900	3.0	3	SSW.	1	0.93	16.7	-1.8	...	138.0	
12	2.42	722.99	725.16	12.22	4.39	9.0	17.2	721	18	500	840	9.8	8	SSW.	1	0.98	12.4	-2.6	...	133.5	
13	1.04	723.56	728.43	11.59	5.12	8.4	14.8	761	59	410	950	5.3	8	SSW.	1	1.00	12.0	-3.1	...	134.2	
14	3.96	728.60	733.75	13.28	3.54	8.4	19.3	702	0	420	960	...	...	N.	1	0.85	10.0	-5.2	...	135.5	
15	6.60	732.85	733.88	13.27	3.65	10.0	16.7	593	-108	440	780	...	...	NNE.	1	0.45	...	...	...	140.0	
16	5.28	730.87	733.68	12.44	4.58	5.0	17.1	612	-88	480	860	...	...	NNE.	1	0.02	12.4	-3.0	...	141.0	
17	3.38	728.88	731.54	15.79	1.32	6.4	24.1	588	-112	330	910	...	...	SSW.	1	0.65	12.7	-2.8	...	139.5	
18	4.00	729.56	732.47	17.62	0.41	14.9	20.5	646	747	53	570	800	0.1	...	SW.	1	0.93	15.2	-0.4	...	136.3
19	4.19	729.68	732.25	17.29	0.04	9.7	24.9	747	48	500	950	2.6	1	variable	...	0.78	16.0	-0.3	...	136.3	
20	2.88	728.52	730.91	17.90	0.51	12.9	23.8	668	-30	330	930	...	...	N.	1	0.03	16.0	-0.2	...	136.5	
21	1.87	727.96	729.56	19.90	2.42	9.8	28.2	642	-55	400	900	...	...	SSW.	1	0.63	16.4	-0.4	...	136.4	
22	3.30	729.27	731.00	21.48	3.91	15.7	27.0	603	93	400	840	...	...	SW.	1	0.85	...	...	...	138.0	
23	4.02	730.72	734.50	17.80	0.15	13.7	22.9	666	-30	480	840	...	...	variable	...	0.67	17.3	-1.1	...	137.0	
24	3.69	729.61	731.63	17.40	0.33	9.5	23.5	635	-60	360	900	...	...	N.	1	0.07	17.6	-1.4	...	137.6	
25	2.89	728.87	731.68	18.85	1.04	10.5	25.2	584	-110	320	840	...	...	N.	1	0.00	18.3	-1.9	...	137.5	
26	0.90	725.87	729.37	22.93	5.05	12.8	31.2	599	-94	370	790	0.7	4	SSW.	1	0.27	18.6	-2.2	...	137.7	
27	1.80	725.47	727.06	20.80	2.84	15.0	27.3	725	33	520	910	6.7	25	variable	...	0.98	17.3	-0.8	...	136.8	
28	2.74	724.57	725.10	18.87	0.84	15.5	24.9	860	-169	720	970	20.7	8	variable	...	1.00	17.1	+0.5	...	137.0	
29	1.23	724.76	726.78	14.56	3.53	12.3	18.2	834	143	600	940	29.7	41	variable	...	0.68	...	...	...	148.0	
30	4.59	719.67	726.48	14.38	3.78	7.6	20.8	717	27	370	920	2.1	4	SSW.	1	0.83	16.8	0.0	...	158.0	
Mois 728.71				+ 1.52				- 16.48 - 0.33				656 - 42		0.57		15.41 - 0.07		138.74			

## MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade	729.25	729.11	729.33	729.06	728.47	728.00	728.36	729.28
2 <sup>e</sup> »	729.54	729.35	729.69	729.57	729.26	729.10	729.21	729.92
3 <sup>e</sup> »	728.19	728.10	728.55	728.28	727.70	727.17	726.96	727.64
Mois	728.99	728.85	729.19	728.97	728.48	728.09	728.18	728.95

<b>Température.</b>								
	°	°	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade	+12.92	+10.36	+14.39	+17.70	+19.45	+20.62	+18.24	+14.79
2 <sup>e</sup> »	+12.26	+11.01	+13.53	+16.01	+18.08	+17.61	+15.78	+13.29
3 <sup>e</sup> »	+13.30	+13.24	+16.86	+20.17	+22.66	+22.84	+21.07	+17.43
Mois	+13.49	+11.54	+14.93	+17.96	+20.07	+20.35	+18.36	+15.17

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	728	830	735	545	443	430	487	671
2 <sup>e</sup> »	789	840	725	584	521	535	633	763
3 <sup>e</sup> »	809	868	765	642	536	538	579	755
Mois	775	846	742	590	500	501	566	730

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre
	°	°	°		mm	cm
1 <sup>re</sup> décade	+ 8.98	+ 22.07	+ 15.67	0.46	13.7	138.74
2 <sup>e</sup> »	+ 9.64	+ 19.64	+ 13.71	0.66	20.8	137.07
3 <sup>e</sup> »	+ 12.24	+ 24.92	+ 17.43	0.60	59.9	140.40
Mois	+ 10.29	+ 22.21	+ 15.44	0.57	94.4	138.74

Dans ce mois l'air a été calme 27,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1.04 à 1.00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 70°.1, W. et son intensité est égale à 11,1 sur 100

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1890.

Le 1<sup>er</sup>, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; forte bise à 1 h. du soir.

2, brouillard à 7 h. du soir.

4, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.

5, brouillard depuis 10 h. du soir.

6, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et à 7 h. du soir

7, brouillard pendant tout le jour; forte bise depuis 4 h. du soir.

8, forte bise à 1 h. du soir.

9, brouillard à 7 h. du soir.

11, brouillard à 1 h. du soir.

12, neige à 4 h. du soir.

13, brouillard jusqu'à 7 h. du matin. et depuis 10 h. du soir; légère neige à 4 h. et à 7 h. du soir.

14, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir.

15, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

16, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et à 7 h. du soir.

18, brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

19, brouillard depuis 10 h. du soir.

22, pluie jusqu'à 10 h. du matin; brouillard à 7 h. du soir.

23, légère pluie à 7 h. du matin, puis brouillard; forte bise depuis 1 h. du soir.

24, brouillard à 7 h. du soir.

27, brouillard à 1 h. du soir; légère pluie et fort vent à 4 h. du soir.

28, pluie jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.

29, pluie jusqu'à 7 h. du matin et à 1 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.

30, fort vent de 1 h. à 7 h. du soir; légère pluie à 7 h. du soir.



*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 5 à 10 h. soir.....	570,89	Le 1 <sup>er</sup> à 3 h. soir.....	561,78
15 à minuit.....	569,47	13 à 4 h. matin.....	561,25
21 à 10 h. soir.....	571,43	16 à 7 h. matin.....	567,64
26 à 1 h. soir.....	572,56	23 à 1 h. soir.....	569,30

Baromètre.				Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.		
millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	Nombre d'heures.	
1	3.40	561.78	564.14	0.11	2.78	-3.2	+3.9	....	NE.	0.67
2	1.67	562.15	566.80	0.02	2.77	-3.3	+4.0	....	NE.	0.30
3	3.12	566.95	570.55	3.75	0.85	-1.7	+9.2	....	SW.	0.30
4	4.28	569.88	570.67	3.55	0.54	+1.5	+7.8	....	SW.	0.65
5	4.20	569.85	570.89	3.55	0.43	+1.4	+7.5	....	NE.	0.47
6	3.93	569.80	570.70	4.02	0.79	+1.4	+7.7	....	NE.	0.65
7	2.71	568.50	569.85	0.97	2.37	-1.1	+4.0	....	NE.	1.00
8	2.38	568.20	568.96	0.87	2.58	-3.4	+4.5	....	NE.	0.17
9	1.75	567.71	568.80	2.25	1.30	-0.4	+5.5	....	NE.	0.37
10	0.73	566.20	568.20	5.35	1.70	+0.5	+10.2	....	SW.	0.35
11	2.17	562.84	566.45	0.75	3.00	-1.2	+6.0	....	NE.	0.48
12	4.57	561.40	562.53	1.51	5.36	-3.4	+5.7	240	variable	0.50
13	3.91	561.25	561.60	0.56	4.51	-3.6	+4.4	....	NE.	0.80
14	0.17	564.70	569.20	0.95	4.99	-3.4	+2.6	....	NE.	0.87
15	1.84	568.42	569.17	1.20	5.33	-3.1	+2.2	....	NE.	0.63
16	1.53	567.64	569.38	0.09	4.13	-3.0	+3.2	....	NE.	0.35
17	2.48	568.85	570.00	5.15	0.84	0.0	+10.2	....	NE.	0.22
18	3.28	568.80	570.86	3.24	1.16	+1.1	+5.8	....	NE.	0.70
19	569.54	569.80	570.80	5.62	4.13	0.7	+10.0	....	NE.	0.48
20	2.83	568.83	571.06	5.15	0.57	+1.7	+8.8	....	NE.	0.00
21	3.71	570.30	571.43	7.72	3.05	-3.0	+13.2	....	variable	0.40
22	3.37	570.44	571.22	4.05	0.69	+1.7	+7.0	445	NE.	0.75
23	2.21	569.30	570.20	1.47	3.35	-0.6	+3.3	....	NE.	1.00
24	3.07	569.77	571.60	5.29	0.39	-2.2	+9.0	....	NE.	0.48
25	3.98	570.75	572.35	8.04	3.06	-4.0	+11.0	....	NE.	0.00
26	4.07	570.90	572.56	10.99	5.94	-6.2	+15.6	....	SW.	0.13
27	1.39	568.04	570.90	8.17	3.05	+4.8	+13.0	....	SW.	0.65
28	0.27	567.01	568.50	6.07	0.88	-4.0	+9.2	174	variable	0.90
29	2.44	563.98	566.98	1.95	3.31	0.0	+7.0	200	SW.	0.97
30	5.30	561.47	563.95	2.87	2.46	-2.4	+7.0	....	SW.	0.53
Mois.	568.01	+ 0.90	+ 3.22	- 0.87						0.52

★  
MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUIN 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	567,89	567,46	567,59	567,81	567,88	567,82	568,11	568,35
2 <sup>e</sup> » ...	567,12	566,66	566,94	567,12	567,30	567,45	567,62	567,83
3 <sup>e</sup> » ...	569,42	568,95	568,96	568,87	568,90	568,71	568,69	568,81
Mois .....	568,14	567,69	567,83	567,93	568,03	568,00	568,14	568,33

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	+ 0,32	+ 3,77	+ 5,63	+ 4,50	+ 2,42	+ 1,68
2 <sup>e</sup> » ...	- 0,27	+ 3,83	+ 4,73	+ 3,11	+ 1,22	+ 0,63
3 <sup>e</sup> » ...	+ 4,51	+ 7,84	+ 8,43	+ 7,15	+ 5,28	+ 4,52
Mois .....	+ 1,52	+ 5,15	+ 6,26	+ 4,92	+ 2,97	+ 2,28

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	mm	mm		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	- 0,83	+ 6,43	0,49	—	—
2 <sup>e</sup> » ...	- 1,42	+ 5,89	0,50	24,0	150
3 <sup>e</sup> » ...	+ 2,41	+ 9,53	0,55	51,9	—
Mois .....	+ 0,05	+ 7,28	0,52	75,9	150

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 2,56 à 1.00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 47,8 sur 100.

SUR  
UNE TROMBE D'EAU ASCENDANTE  
PHÉNOMÈNES TRÈS REMARQUABLES QU'ELLE PRÉSENTE

PAR  
**M. D. COLLADON**

---

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève  
dans sa séance du 3 juillet 1890.

---

Mon très honorable collègue M. Faye, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes, a publié dans l'*Annuaire de 1875* un mémoire de 109 pages (pages 407 à 516), intitulé : « Défense de la loi des tempêtes, » dans lequel entrent beaucoup de considérations importantes. Parmi celles-ci, un certain nombre ne m'ont pas paru pouvoir se soutenir devant l'évidence des faits.

En 1877, dans un article de 134 pages, qui a aussi paru dans l'annuaire de cette année, il a discuté le souvenir d'une grêle terrible qui a traversé la France du S.-O. au N.-E. en 1788, et il a appuyé sur la probabilité que ce devait être un courant d'air descendant qui, venant d'Amérique, avait produit cette grêle désastreuse.

En 1879, j'ai publié dans les *Archives* un mémoire intitulé : « Contributions à l'étude de la grêle et des trombes aspirantes, » et j'ai cherché à démontrer que les

trombes d'air peuvent, dans certains cas, être ascendantes. Je rappelais d'abord un fait dont j'avais été témoin en 1879, un peu avant midi, à la sortie des fortifications, du côté de la Coulouvrenière. Ce jour-là, il y avait une lessive abondante qui séchait, étendue sur le sol, au soleil ; je vis tout à coup tous les menus objets de cette lessive se soulever par un tourbillon qui paraissait avoir au plus deux mètres de diamètre. Ces menus linges s'élevèrent presque verticalement, avec une vitesse vertigineuse, et ils passèrent au-dessus de la ville, à une grande hauteur, que j'estimai à environ 600 mètres, en se séparant, ils allèrent tomber de l'autre côté de la ville, à mi-chemin environ de Coligny. Ces linges blancs, qu'éclairait le soleil, étaient très visibles.

Je rédigeai le jour même un récit de cette espèce de trombe aspirante, et il fait partie d'un mémoire que j'ai lu à la Société de Physique, et qui est intitulé : « Contributions à l'étude de la grêle et des trombes aspirantes, 1879. »

Pendant que je rédigeais mon mémoire sur les causes de la grêle, M. Raoul Pictet m'apporta un cahier qu'il avait écrit au Caire et dans lequel il s'occupait des expériences qu'il avait faites en Égypte, sur les trombes aspirantes de sable poussiéreux qui se forment à quelques lieues du Caire, à certaines saisons de l'année, et qui sont ordinairement ascendantes.

M. Pictet porta sur le lieu observé du duvet et des instruments, surtout des thermomètres, et il a fait des expériences très curieuses et que j'ai rédigées d'après lui. Ces expériences prouvent que ces trombes expérimentées par M. Pictet étaient bien ascendantes et qu'elles pouvaient s'élever jusqu'à quelques centaines de mètres.

Huit ans après, c'est-à-dire le 7 février 1887, M. Mascart présenta à l'Académie des sciences une notice intitulée : « Trombes marines en plein air, » où il parlait des expériences tentées par M. Weyher sur les tourbillons d'air et où il crut pouvoir prouver qu'elles sont toujours ascendantes.

M. Weyher a publié en 1889 un volume sur ses nombreuses expériences, faites toujours dans l'air, et il croit même y trouver l'explication de plusieurs phénomènes qui se passent dans les astres.

A cette même époque, je publiais à Genève mon expérience pour produire une aspiration sur de la sciure, un peu plus dense que l'eau, en faisant tourner à la partie supérieure d'un vase plein d'eau contenant de la sciure, des palettes placées sur un arbre vertical.

En 1887, M. Faye a publié un livre : *Sur les tempêtes, les théories et les discussions nouvelles*. Dans ce mémoire, page 24, en citant mes propres paroles, M. Faye dit : « Le principe général que M. Colladon admet et qui lui paraît nouveau et important pour la météorologie et pour la constitution physique des trombes, peut se résumer comme il suit : « Étant donnée, dit M. Colladon, une grande étendue d'un fluide liquide ou aérienne, dont une portion limitée est animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe et forme une espèce de fuseau rotatif, si l'on suppose ce fuseau divisé en tranches parallèles, égales en épaisseurs et perpendiculaires à l'axe, il se développera dans chacune de ces tranches une force centrifuge moyenne, tendant à éloigner ses particules de leur axe de rotation. Si les forces centrifuges moyennes les plus rapprochées du centre de longueur du fuseau l'emportent en

« énergie, il se produira aux extrémités de ce fuseau et  
 « le long de son axe un appel vers les parties centrales,  
 « et il naîtra, le long de cet axe, à partir de ses extrémités,  
 « deux courants en sens contraires; en sorte que, si l'axe  
 « était vertical, le mouvement produit serait ascendant  
 « dans sa partie inférieure et descendant dans une partie  
 « supérieure. »

J'ai fait faire depuis, pour rendre ce principe évident, un appareil où une petite roue à palettes, tournant horizontalement, aspire du fond du vase une petite trombe ascendante de sciure, dont le sommet atteint la roue à palettes, et l'expérience a été répétée à Paris, devant l'Académie des Sciences, par M. Mascart, avec un de mes appareils.

M. Faye a répondu à cet article que les petites palettes élevaient du fond du vase l'eau et les poussières qui y sont accumulées, parce que c'est dans un vase fermé que cette eau est contenue, mais que dans le courant d'un fleuve les tourbillons qui se forment ont *toujours* la forme d'un entonnoir, dont la bouche est en haut.

Il ajoute que, dans les fleuves et les rivières, toutes les trombes qui se forment ont *toujours la bouche en haut*, et que c'est la pointe opposée à cette bouche qui va affouiller le fond; il dit, de plus, qu'il en est de même pour l'air dans ses mouvements rotatifs.

Dans un article spécial, il dit : « Les tourbillons des  
 « cours d'eau sont descendants (p. 530). Maintenant  
 « que l'observation nous a révélé les caractères principaux des tourbillons descendants à axe vertical (ceux  
 « qui naissent dans nos cours d'eau sont toujours descendants), etc....., p. 534). »

Or, il vient de se produire à Genève, le long du bar-

rage à rideaux que l'on a construit en amont et le long du petit pont de la Machine, un fait excessivement curieux.

On peut reproduire à volonté ce fait, il suffit pour cela d'abaisser un certain nombre de ces rideaux, tandis qu'aux extrémités ils sont relevés et que l'eau s'y écoule librement.

Il se produit alors à chaque extrémité ouverte une trombe, ou tourbillon, qui a sa bouche en bas. Un peu plus haut, elle prend la forme cylindrique horizontale, et ces deux parties horizontales tendent à se réunir, en formant, comme on l'a baptisé à Genève, une espèce de serpent d'eau.

Cette partie cylindrique et horizontale, qui aboutit aux deux rideaux ouverts, ondule dans un espace d'un peu plus d'un mètre et a partout le même diamètre, sa grosseur peut varier dans toute sa longueur, depuis moins d'un centimètre jusqu'à plus d'un décimètre de diamètre.

M. Turretini, l'auteur et l'organisateur principal, avec M. G. Naville et M. Chappuis, de cette admirable organisation, qui a tant contribué au bien-être de Genève, est venu me voir et m'annoncer ce fait très curieux, et nous avons pris jour pour aller le visiter ensemble; malheureusement, ce jour-là, nous avons regardé le courant pendant plus d'une heure et le phénomène ne s'est pas produit.

Quelques jours après, passant à la place J.-J.-Rousseau, par un temps calme et pluvieux, j'ai vu ce phénomène, qui se produisait énergiquement, et j'ai passé près de deux heures à l'examiner.

J'ai envoyé chercher M. Boissonnas, le photographe, qui a reproduit plusieurs exemplaires du phénomène, les uns vus perpendiculairement au fleuve, et les autres vus depuis le quai et horizontalement.



J'examinai comment ce phénomène peut se produire et je pensai à quelques expériences que je voulais faire sur ses circonstances principales, afin de pouvoir résoudre les questions suivantes :

*1<sup>re</sup> question.* Comment ce phénomène se produit-il, et que voit-on lorsqu'il se forme ?

Supposons un ou deux rideaux relevés du côté du quai et laissant écouler l'eau, puis six ou huit rideaux abaissés verticalement et formant barrage, et les rideaux suivants tous relevés. En d'autres termes, supposons six ou huit rideaux formant un barrage partiel de l'eau du Rhône et les rideaux des extrémités relevés pour laisser passer l'eau par des ouvertures de près de deux mètres de hauteur et un mètre environ de largeur.

S'il y a sept rideaux baissés, cela fait un barrage d'à peu près 8<sup>m</sup>,12.

Tout à coup il part des deux extrémités ouvertes de ce barrage (quelquefois d'une seule de ces extrémités) une colonne cylindrique d'air, qui devient horizontale, ayant le même diamètre des deux côtés. Ces colonnes se rejoignent en moins d'une seconde, en formant un très long fuseau continu, qui aboutit aux deux extrémités ouvertes, et là il descend et s'élargit dans l'eau qui s'écoule.

La partie cylindrique sensiblement horizontale et continue de cette veine grossit quelquefois sur toute sa longueur, et elle peut atteindre plus d'un décimètre de diamètre.

Cette partie horizontale n'est pas immobile, elle a un mouvement dans le sens horizontal qui tantôt la rapproche du barrage et tantôt l'en éloigne à plus d'un mètre. C'est là ce que l'on désigne dans le peuple de Genève sous le nom de « serpent d'eau, » et que nous désignerons par le nom de « la partie cylindrique de la veine. »

J'ai voulu me rendre compte des faits suivants :

1° Quelle est la profondeur moyenne de cette partie cylindrique et horizontale ?

2° Si on interrompt cette partie cylindrique par une surface plane plus ou moins large, le phénomène peut-il se produire également ?

3° Si l'on touche cette veine par un tube de métal, muni à sa partie supérieure d'un manomètre à très longues branches, qu'indiqueront les oscillations de ce manomètre ?

4° Enfin, j'ai voulu voir quelle serait la longueur maxima de la partie barrée, que l'on me disait *ne pouvoir dépasser 8<sup>m</sup>,12*, parce qu'au delà elle n'avait pu se produire.

*Premièrement.* Quelle est la profondeur moyenne de la veine horizontale ?

J'ai fait plusieurs expériences pour obtenir cette profondeur moyenne, et j'ai trouvé environ 0<sup>m</sup>,50 de profondeur. Cette profondeur peut varier de quelques centimètres en plus ou en moins.

*Secondement.* Pour résoudre la seconde question, j'ai fait forger une pelle parfaitement plane et triangulaire, finissant en pointe, avec un manche de trois mètres. Cette pelle a dans la partie supérieure une largeur d'environ 33 centimètres et sa hauteur est d'environ 34 centimètres. Les deux côtés sont inclinés et se réunissent en pointe.

La surface de cette pelle a été placée dans le sens du courant, de manière à interrompre la veine.

Si la veine ne frappait qu'une partie large de trois ou quatre centimètres, la partie cylindrique de la veine se déviait un peu et continuait à subsister; mais si l'on abaissait la pelle davantage, la veine cessait d'être continue

et chaque partie s'écoulait lentement du côté des deux ouvertures qui terminaient le barrage.

*Troisièmement.* Expérience faite avec des tubes à gaz, longs de trois mètres et portant dans leur partie supérieure un manomètre dont les branches latérales avaient environ cinquante centimètres de longueur.

On cherchait à atteindre avec l'extrémité inférieure du tube en fer la veine fluide qui oscillait horizontalement. Lorsque l'extrémité inférieure du tube pénétrait dans la partie centrale de la veine, on voyait le manomètre qui montait brusquement par une aspiration de trente à quarante centimètres d'eau.

*Quatrièmement.* Quelle est la longueur maxima que peut atteindre le barrage ?

J'ai dit que le barrage avait, dans ces expériences, une longueur de 8<sup>m</sup>,12. En portant cette longueur à 10<sup>m</sup>,44, le phénomène s'est montré presque aussi bien ; en la portant à 12<sup>m</sup>,75, il s'est produit presque aussi facilement. En portant la longueur à 15<sup>m</sup>,08, le phénomène se produisait, un peu plus difficilement, mais les deux extrémités se rejoignaient et toutes les apparences étaient les mêmes.

Enfin, en portant la distance à 17<sup>m</sup>,42, c'est-à-dire en abaissant quinze rideaux continus, il s'est fait deux tronçons, mais ils ne se sont pas rejoints, et ces tronçons même ne duraient qu'un instant.

Voilà donc un fait nouveau et bien extraordinaire. Ce tube d'air parfaitement cylindrique, de 1,500 centimètres de longueur horizontale et qui par moment n'avait qu'un centimètre, ou même moins, de diamètre.

De plus, il était formé par deux tourbillons horizontaux qui tous deux avaient leurs bouches à un niveau inférieur, dans la partie ouverte par laquelle l'eau s'écoulait.

C'est surtout un fait qui est évidemment contraire à l'assertion de M. Faye, qui dit et répète dans le mémoire publié en 1877 (et plus récemment dans *La loi des tempêtes*, qui a paru dans l'année 1887), que les tourbillons d'eau, lorsqu'ils ne sont pas gênés par une enveloppe, ont toujours leur bouche en haut et leur axe à peu près vertical.

On peut teindre cette veine horizontale avec des couleurs ou une poussière colorante. En employant de petites boîtes d'aniline attachées avec une ficelle, on voit cette boîte, lorsqu'elle est prise par le courant rotatif, tourner avec rapidité, tout en colorant la veine.

---

**L'ORIGINE**  
**DE**  
**L'ASPHALTE, DU BITUME & DU PÉTROLE**

**PAR**  
**M. le D<sup>r</sup> A. JACCARD**  
Professeur.

---

Avec planche I.  
(Suite et fin<sup>1</sup>.)

---

**III**  
**Origine et mode de formation de l'asphalte.**

**1. Les théories.**

Je crois avoir, dans les pages qui précèdent, suffisamment établi l'origine et la formation simultanée du bitume, de l'asphalte et des roches ou terrains dans lesquels on rencontre ces substances.

Que, de plus, cette origine soit organique, c'est ce que ne songent plus à contester que des physiiciens ou des chimistes plus versés dans la connaissance des formules

<sup>1</sup> Voir *Archives*, 1890. t. XXIII, p. 501.

que dans celle de la géologie et de la pétrographie, aussi n'entrerai-je pas en discussion avec ces auteurs, partisans déterminés des théories plutôt que de l'observation des faits<sup>1</sup>.

A côté de ceux-là, il en est qui disent : oui, nous admettons l'origine organique du bitume, de l'asphalte, mais, ne voyant pas les résidus solides de ces substances, nous devons supposer qu'ils existent, mais qu'ils sont ensevelis dans les profondeurs du globe. Soumises à une haute température et à une pression énorme, les matières végétales subissent une sorte de distillation. Voici, au reste, en quels termes s'exprime à ce sujet M. Léon Malo, ingénieur des mines :

« Il est permis de supposer, d'après les indices révélés par l'étude des régions bitumineuses, qu'à des époques géologiques encore mal déterminées, des amas de matières organiques, enfoncées sous les énormes massifs du calcaire jurassique et chauffées par le feu central, se sont mis en vapeur, et, à cet état, ont cherché une issue à travers l'écorce terrestre. Un jour, un craquement se produit dans cette écorce, une fissure se manifeste; les vapeurs bitumineuses comprimées par des pressions incalculables s'y précipitent par le chemin qui leur est ouvert. Ces vapeurs franchissent ainsi des couches trop compactes pour se laisser pénétrer; mais arrivées au terrain oolithique, elles rencontrent à droite et à gauche de la fissure des couches de calcaire tendre qu'elles imprègnent. Tant que la pression persiste, le bitume chemine à travers les pores du calcaire et en remplit les cavités infinitésimales, puis, peu à peu, cette pression

<sup>1</sup> Voir Mendeleef, *Revue scientifique* 1877.

diminue, l'imprégnation se relentit et finit par cesser tout à fait<sup>1</sup>.

Dans cet article, reproduction presque textuelle de son travail de 1866, M. Malo semble être fixé sur plusieurs points obscurs qui l'arrêtaient autrefois<sup>2</sup>. « Dans quelles circonstances le phénomène a-t-il eu lieu? Par quels orifices la vapeur s'est-elle échappée? Comment se fait-il qu'elle ait imprégné des bancs intermédiaires, sans toucher aux supérieurs, ni aux inférieurs? etc., etc. »

Mais il ne nous dit pas quelles solutions sont intervenues, qui lui permettent de présenter sa théorie comme la plus rapprochée de la vérité.

Ce fait est d'autant plus surprenant que, dans l'intervalle qui sépare les deux publications que je viens de citer, le professeur Fraas, de Stuttgart, avait fait connaître, non pas une théorie nouvelle, mais l'énoncé de ses observations sur la mer Rouge, la mer Morte, etc., et dont je crois devoir reproduire ici les principaux passages. Voici d'abord ce qui a trait à la formation *actuelle* du bitume :

« Les sources de pétrole se lient intimement à la structure du grand récif de coraux qui borde la mer Rouge. On recueille le pétrole dans les creux percés dans le banc de corail à quelques pas seulement du rivage. On voit s'accumuler à la surface de ces trous un liquide gras et irisant, atteignant l'épaisseur de plusieurs pouces.

« Il ne m'est jamais venu à l'idée d'attribuer à ces huiles une autre origine que la décomposition des corps gras contenus dans la lagune. Il n'y a rien là que de très naturel, attendu que ces lagunes sont de véritables viviers

<sup>1</sup> *La Nature*, 1881, 1<sup>er</sup> semestre, p. 150.

<sup>2</sup> *Guide pratique*, etc., Paris 1866.

dont le fond pullule d'animaux, si bien que l'œil ne peut s'arrêter sur un point sans apercevoir les mouvements et les contractions de la vie. On conçoit aussi que, dans ces eaux tièdes et peu profondes, la décomposition soit très active et qu'une partie seulement des gaz dégagés par la putréfaction parvient à s'échapper, tandis que le reste se condense pour former des carbures d'hydrogène qui filtrent dans les interstices du récif probablement pour y subir, à l'intérieur de ce calcaire poreux, une condensation ultérieure. En ma qualité de géologue, j'en conclus qu'une transformation analogue de substances animales a dû se faire de la même manière dans les temps géologiques. Je ne m'explique en effet pas autrement les amas de bitume qui sont emmagasinés tout le long des côtes de la mer Rouge, dans le tertiaire d'Égypte et dans la formation crayeuse de la Palestine. »

Voici maintenant les observations de M. Fraas sur l'existence du bitume dans les coquilles fossiles de divers terrains :

« En Égypte, j'ai trouvé à répétées fois le bitume dans le groupe inférieur de l'étage suessonien avec le *Nummulite planulata*. J'ai même détaché et emporté de l'un des bancs des échantillons pétris de nombreuses Cardites, Natices, Nérites, etc., dont les cavités intérieures sont remplies d'un asphalte noir et luisant qui, par sa composition chimique, est tout à fait identique à celui de la mer Morte. Le banc qui renferme ces fossiles repose sur des assises d'un calcaire dur parfaitement blanc, sans bitume, mais en même temps pauvre en fossiles, tandis que les bancs bitumineux ne sont pour ainsi dire composés que de pétrifications. La manière uniforme dont les bancs de calcaire sont pénétrés par le bitume ne permet



pas de douter que la roche ne soit contemporaine des huiles minérales.

« Si l'on me demande pourquoi il n'existe pas de bitume dans toutes les couches où les débris fossiles sont abondants, je dirai que, avant tout, il ne faut pas perdre de vue que la plus grande partie de ces résidus animaux est de nouveau absorbée par d'autres êtres et contribue ainsi à leur édification. Rappelons-nous que les animaux des deux embranchements inférieurs du règne animal et une bonne partie des radiaires ne vivent qu'aux dépens de la matière organique répandue dans la mer. Dès lors *ce ne serait en quelque sorte que l'excédent de ces matières qui, lorsqu'il se trouve exposé à la chaleur solaire sur un point abrité de la lagune, aurait chance de se transformer en hydrogène carboné.*

« Revenant aux pétroles et aux asphaltes de la mer Morte, je dois ajouter qu'ils sont souvent abondants dans les couches à Baculites de la craie moyenne ou chloriteuse, où on les trouve tantôt sous forme de bancs, tantôt sous celle d'amas. Le bitume s'échappe de la tranche de ces couches qui forment l'enceinte de la mer Morte, pour s'amasser sur le rivage.

« On le voit, en Orient le pétrole est tout aussi ubiquiste que chez nous, puisque celui de la mer Morte appartient à la formation crétacée, celui de Mokkatam à la formation éocène, celui de la mer Rouge aux formations quaternaires et enfin celui du Djibel Zeit à l'époque actuelle. »

Les remarquables observations de M. Fraas pourraient laisser croire que, seuls, les organismes animaux sont susceptibles de donner lieu à la formation des bitumes et des pétroles, ce qui n'est nullement le cas. Nous devons en effet à l'un de nos compatriotes et anciens collègues,

M. Léo Lesquereux, domicilié aux États-Unis depuis 1848 des révélations non moins importantes sur la transformation des végétaux marins en bitume liquide ou pétrole. Voici comment il s'exprime dans une lettre du 25 janvier 1865.

« Dans mes recherches sur les marais tourbeux, j'ai été amené à m'enquérir de l'influence que les plantes marines pouvaient avoir eue, ou avoir encore maintenant, sur la formation de la matière combustible. J'ai donc cherché des tourbes marines, c'est-à-dire formées de plantes marines, sur les bords de la mer Baltique et de la mer du Nord, là où leur présence était indiquée. Il m'a été impossible de découvrir dans aucun cas des traces de plantes marines dans les dépôts tourbeux. J'ai vu, au contraire, là où étaient entassés de grands amas de fucus, comme près du Lund, en Scanie, ces plantes se transformer à la base des dépôts et par décomposition, en une matière noirâtre, gluante, sans consistance, semblable à quelque matière ou composition huileuse et fétide, ne faisant pas lits, mais paraissant s'incorporer avec le sable qu'elles recouvraient et ne laissant aucune trace de leur organisation. Le même phénomène s'observe dans les grands marais qui bordent quelques parties de la Sardaigne et que les hautes mers recouvrent de fucus. Ces plantes se décomposent en une espèce de gélatine fétide qui, à marée montante, couvre l'eau d'une couche semblable à une couche huileuse et ne laissent également aucune trace d'organisation après leur décomposition. »

Partant de ces données, M. Lesquereux estime, *à priori*, que le pétrole est dû essentiellement à la décomposition des plantes non ligneuses et non fibreuses, telles que le sont les plantes marines, comme la houille est due à la

décomposition de plantes ligneuses et, par conséquent, plus ou moins fibreuses. La houille serait ainsi réellement un charbon de bois, les huiles minérales un charbon de plantes cellulaires.

De ce qui précède, ne sommes-nous donc pas en droit de conclure :

1° Que les substances bitumineuses liquides ou fluides, telles que le pétrole, sont les produits de végétaux marins, algues, varechs des mers actuelles, fucoïdes des terrains stratifiés <sup>1</sup>.

2° Que les bitumes visqueux ou solides à la température ordinaire dérivent des animaux marins mollusques et rayonnés, et, sans doute aussi de poissons, etc.

3° Que certains bitumes ou pétroles mixtes peuvent avoir été formés par la décomposition simultanée des animaux et des végétaux marins ; tel serait le cas des bitumes molassiques signalés précédemment.

Les théories, appuyées de démonstrations si évidentes de MM. Fraas et Lesquereux, n'ont été, à ma connaissance, l'objet d'aucune contestation ; mais, ainsi que je l'ai dit déjà, aucun auteur ne paraît avoir songé à en faire l'application. Coquand, à qui l'on doit de remarquables études sur les gîtes bituminifères de l'Albanie, de Zante, de la Valachie, de la Moldavie, des Carpathes,

<sup>1</sup> Cette origine ou provenance marine du pétrole est affirmée en ces termes par Cahours dans la *Revue scientifique*, t. V, 1868.

« En 1863 et 1864, nous entreprîmes, Pelouze et moi, des recherches sur le pétrole d'Amérique, que nous résumâmes dans un long mémoire inséré dans les *Annales de chimie et de physique*. Nous avons établi dans ce travail que ces produits renferment une série d'hydrocarbures, homologues du gaz des marais, que nous parvîmes à isoler de l'état de pureté et dont quelques-uns furent étudiés par nous avec beaucoup de succès. »

ignore absolument les auteurs que nous venons de citer et maintient la théorie des émissions souterraines. Il en est de même de M. Lartet, à qui l'on doit une remarquable étude sur les gîtes bitumineux de la Judée et de la mer Morte, de M. Daubrée, dont à la vérité le *Mémoire sur le gisement du bitume, etc., des environs de Pechelbronn*, date d'une époque antérieure (1850). Seul, M. Dieulaufait, professeur à la faculté des sciences de Marseille, est arrivé à des conclusions absolument semblables à celles de Fraas. Aussi crois-je devoir lui consacrer encore un moment d'attention. Voici comment il s'exprime au sujet des minerais de cuivre du Mansfeld :

« Le minerai exploité depuis un temps considérable se présente dans les conditions suivantes : 1° la couche de minerai n'a que quelques centimètres d'épaisseur ; 2° elle s'étend sur une énorme surface ; 3° elle est parfaitement parallèle aux couches encaissantes ; 4° le minerai cuivreux est très fortement imprégné de bitume ; 4° de très nombreux poissons sont engagés dans le minerai bitumineux ; 6° plus les poissons sont nombreux, plus le minerai cuivreux est riche et abondant. »

L'auteur établit ensuite que le cuivre dissous dans les eaux de la lagune au sein de laquelle se formaient les dépôts, s'est séparé parce qu'il se trouvait en présence de sulfures solubles provenant de la décomposition des poissons.

« Quand, dit-il, par quelque accident insignifiant, les lagunes du Mansfeld se retrouvaient accidentellement remises en communication avec la mer normale, des poissons entraient dans ces lagunes et y périssaient promptement, grâce à la sursaturation de l'eau, due à l'évaporation. De plus, cette eau ainsi saturée les conservait, au

moins relativement. Voilà pourquoi les poissons du Mansfeld sont bien mieux conservés qu'ailleurs, voilà pourquoi ils sont dans une couche de bitume ; *ce bitume n'est pas autre chose que le produit de la décomposition lente des poissons eux-mêmes*. Voilà pourquoi la couche métallifère du Mansfeld est à la fois si mince et si régulière. Loin donc que le cuivre soit, comme on l'a dit, la cause qui ait fait périr les poissons, ce sont au contraire les poissons morts qui ont déterminé la précipitation du cuivre. »

Ce processus de la formation du bitume par décomposition des poissons (et conséquemment des animaux marins) est d'ailleurs établi avec beaucoup d'autorité par le même savant dans sa conférence *sur l'origine des substances minérales salines*. M. Dieulafoy se proposait d'aborder dans un troisième travail l'origine du bitume, et il m'avait même fait part de son projet de visiter à ce sujet les mines d'asphalte du Val-de-Travers. Sa mort, survenue peu de temps après notre entrevue, devait empêcher la réalisation de ce projet.

Il est encore un processus de conservation des substances organiques dans les formations sédimentaires dont je ne puis me dispenser de dire quelques mots. C'est celui de la formation des calcaires lacustres ou d'eau douce, désignés sous le nom de *bitumineux*. Personne, je crois, n'a jamais contesté que l'odeur fétide qui les caractérise soit due à la décomposition des matières organiques, végétales ou animales, contenues dans les sédiments. Actuellement encore les bassins marécageux sont caractérisés par la présence, à l'état de gaz de l'hydrogène carboné que nul ne s'aviserait d'attribuer à des émanations souterraines. Le gaz des marais peut, me semble-t-il, être rapproché du gaz des puits à pétrole de la Pensylvanie, pourquoi dès lors

ne pas chercher dans cette direction la solution des questions relatives à l'origine du pétrole, et, en général, de tous les carbures d'hydrogène contenus dans le sol terrestre ? Pourquoi, encore une fois, évoquer à ce sujet des théories accompagnées de suppositions purement gratuites, d'aveux répétés d'ignorance et de doute ? Autant vaudrait ne pas aborder la question et attendre du hasard une solution qu'il ne donnera probablement jamais.

*Conclusions.* Nous avons vu que tous les gisements bitumineux du Jura central présentent entre eux des caractères de ressemblance tels que la théorie d'origine, applicable à l'un, l'est aussi à d'autres, sinon à tous. En particulier, rien absolument ne nous porte à admettre l'origine hydrothermale, profonde ou ignée de l'un des gisements dont nous avons parlé. La formation du bitume, sa pénétration dans les couches, sont contemporaines de celles-ci. Il n'y a pas de formation bitumineuse limitée à une couche particulière. Le processus bitumineux est simultané à celui des roches non bitumineuses. Toutefois nous constatons un maximum de production pendant la phase du dépôt des couches de l'urgonien supérieur.

Nous avons vu encore que divers gisements, la Presta, Travers, Bevaix fournissent la preuve indiscutable de l'origine animale du bitume, que la manière d'être, le dosage de cette substance, dans la molasse, accusent plutôt une origine végétale et des circonstances de formation un peu différentes de celle de l'asphalte de l'urgonien et de l'aptien. Recherchant ensuite dans quelles conditions les substances organiques et les matières minérales se sont formées, nous avons vu que les bancs de calcaire crayeux ou compacts, de l'urgonien en particulier, se sont déposés dans un bassin marin formant plutôt des golfes et des

ances qu'une mer étendue et profonde. La faune, composée de mollusques, de brachiopodes, de rayonnés, surtout d'échinides, est la même dans les dépôts caractérisés par la présence des bitumes, comme dans ceux qui n'en présentent aucune trace. La nature des roches est non moins identique partout, il y a passage graduel de l'asphalte à la roche non bitumineuse, dans le sens latéral d'abord, puis aussi en hauteur et en profondeur.

Les substances minérales telles que la calcite, la glauconie, qui sont par elles-mêmes impénétrables au bitume, se trouvent dans la roche asphaltique absolument dans les mêmes conditions que dans les terrains correspondants.

## 2. Causes de la Transformation des animaux en bitume et en asphalte<sup>1</sup>.

Les principales influences qui ont pu intervenir dans le métamorphisme des animaux sont *le temps, la chaleur, la nature des organismes, la sursaturation*, etc. J'examinerai quelle a pu être la part de chacune de ces influences dans la région dont j'ai entrepris l'étude.

*Temps.* La théorie, si longtemps soutenue, des extinctions totales et des apparitions simultanées des faunes géologiques, a fait son temps, aussi bien que celle qui voulait établir des limites absolues et générales entre les étages. Le nombre de ceux-ci est devenu tellement considérable, et l'on est si peu d'accord sur ceux qu'il convient d'admettre, que bien peu de géologues osent encore

<sup>1</sup> Afin de ne pas compliquer cette section, je m'abstiens de parler du bitume ou pétrole molassique.

entreprendre la défense du système des classifications absolues.

En ce qui concerne le temps ou la durée des phénomènes qui ont métamorphosé les animaux en bitume, il ne peut non plus être question de concevoir l'action de phénomènes soudains, d'une durée limitée, pas plus que d'une durée illimitée. La formation du bitume paraît avoir commencé à St-Aubin déjà pendant le dépôt des couches de l'urgonien inférieur, caractérisé par sa faunule d'Echinodermes et de Brachiopodes. Elle a eu son maximum de développement ensuite d'une modification importante dans la faune, devenue très pauvre en espèces, mais prodigieusement riche en individus de la classe des mollusques acéphales que nous appelons les Caprotines. Le chiffre de siècles que l'on admettra pour cette formation sera aussi celui qui, plus ou moins, s'appliquera à l'accumulation du bitume dans le calcaire saccharoïde de Travers, de Lovagny, de Pyrimont, etc. Je me hâte de dire que fixer un chiffre quelconque serait parfaitement oiseux. Il suffit que nous soyons d'accord pour écarter toute idée d'une phase particulière de bituminisation.

Le processus de formation du bitume, au Val-de-Travers du moins, a subi un temps d'arrêt pendant le dépôt des couches de l'aptien inférieur, puis, les circonstances physiques redevenant favorables, il s'est de nouveau manifesté, et nous avons eu, grâce à ce fait, la formation asphaltique de l'aptien supérieur de la Presta.

Cette question de temps peut être évoquée aussi à un autre point de vue, à savoir le temps nécessaire à la décomposition d'un mollusque, tel que par exemple une



Caprotine. A ce sujet, je reproduis ici une note intéressante de M. H. de Saussure<sup>1</sup>.

« M. H. de Saussure donne une idée du mode de formation de l'asphalte sur les côtes de Cuba. Il se forme sur la vase de petits pâtés dont la croûte est de la vase endurcie et le dedans de l'asphalte (ou du bitume ?). Ces petits pâtés sont souvent fort nombreux et se touchent presque. Or, quand on creuse dessous, on trouve régulièrement sous chacun un animal en voie de décomposition ou une coquille déjà vide de murex de strombe, d'écrevisse, etc. On peut donc présumer qu'à la longue ces petits pâtés d'asphalte forment une couche et un dépôt. »

*Chaleur.* « C'est à la chaleur que l'on a ordinairement recours pour expliquer la transformation des végétaux en houille, » dit M. Fayol<sup>2</sup>, mais cet auteur n'a pas de peine à démontrer qu'on a singulièrement exagéré les appréciations sur la température et le climat houiller. En ce qui concerne l'asphalte, on pouvait être aussi, au premier abord, tenté d'admettre l'intervention des facteurs caloriques dans la transformation des animaux en bitume. Mais du moment où nous trouvons à côté d'une coquille renfermant du bitume une autre coquille du même genre qui n'en renferme aucune trace, il me paraît impossible d'admettre la moindre élévation de température comme facteur du métamorphisme organique.

Le climat chaud de l'époque néocomienne a certainement exercé une influence favorable sur la transformation des animaux en bitume. Nous avons vu que, dans la mer Rouge, la température élevée, tout en favorisant le déve-

<sup>1</sup> Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Einsiedeln, 1868.

<sup>2</sup> Étude sur le bassin houiller de Commentry, p. 171.

loppement de la vie organique, exerce une action comparable à la distillation sur les animaux de ce *vivier marin*, et il est peu probable que, dans la mer Baltique on découvre jamais rien de semblable, tandis que les végétaux marins peuvent s'y transformer en pétrole.

En résumé, l'influence d'une température élevée sur la transformation des organismes en bitume est nulle ou à peu près. Elle ne saurait être invoquée comme facteur en ce qui concerne la formation de l'asphalte au Val-de-Travers et dans le Jura.

*Nature.* Par nature, j'entends parler des espèces animales qui, les unes plus que les autres, auraient pu contribuer à former l'asphalte. Nous avons vu que M. l'ingénieur Knab s'était livré à des calculs basés sur les vertus prolifiques des Caprotines considérées comme des sortes d'huîtres, et dont les coquilles sont si abondantes dans certains gisements. Mais précisément l'asphalte riche, le *bon banc* de Travers n'en renferme pas de traces, rien ne prouve que les grains calcaires ou les petits cristaux de calcite proviennent de la trituration de ces coquilles. Ce qui est en tout cas certain, c'est que la décomposition, tant du test que de l'animal, ne s'est pas opérée sur place, mais dans toute l'étendue du bassin marin. Les substances bitumineuses, isolées des animaux dont elles provenaient, se sont réunies et ont flotté à la surface de l'eau, jusqu'à ce qu'elles aient rencontré des circonstances favorables à leur précipitation et à leur mélange avec les matières calcaires.

Que les Caprotines aient fourni le principal, ou même l'unique contingent de matière organique de l'asphalte urgonien, il n'y a rien là que de très plausible, mais la découverte des mollusques apiens bituminisés, des poly-

piers et mollusques divers de Bevaix, montre qu'il n'y a pas eu, pour ces rudistes, une faveur spéciale de métamorphisme.

Ici se pose la question de savoir si nous sommes en droit de considérer le bitume des cavités et fissures de l'urgonien compact comme provenant aussi de la décomposition des animaux. On a dit que l'eau était incapable de dissoudre le bitume, que dès lors la précipitation de celui-ci au milieu des dépôts sédimentaires était impossible. Mais il faut observer que cette dissolution n'est pas nécessaire, qu'à une certaine température le bitume solide devient fluide, sinon liquide; il flotte, il nage à la surface de l'eau, formant couche s'il est abondant, ou seulement des amas lenticulaires à la façon des corps gras. Rien de plus facile à concevoir que l'ensevelissement de ces amas dans les vides de la roche en voie de formation, quelle que soit son homogénéité. La seule différence qu'il présente avec celui des mollusques bituminisés, c'est qu'il n'a pas été formé *in situ*, mais qu'il a dû se déplacer plus ou moins longtemps avant de trouver les conditions favorables à sa fixation définitive.

*Evaporation et sursaturation de l'eau.* C'est à ce double phénomène que nous pouvons attribuer la principale cause de la bituminisation des animaux marins. Les belles observations et découvertes de M. Dieulafait ne peuvent, ce me semble, laisser de doutes. Lorsque, par suite de causes naturelles ou accidentelles, les substances organiques sont accumulées sur un espace restreint, il y a surabondance des produits de décomposition, sursaturation du liquide par ces derniers qui, n'étant plus absorbés par les organismes vivants, se combinent entre eux pour former précisément ces carbures d'hydrogène que nous appe-

lons le bitume, le pétrole, etc. Il y aurait, me semble-t-il, un vaste champ d'observations à faire sur les phénomènes qui se produisent lorsque, dans un bassin marin, qui vient à être isolé plus ou moins brusquement de l'Océan, les animaux, poissons, mollusques, rayonnés, périssent et s'accumulent sur le fond. Évidemment il se forme un laboratoire chimique de nature toute spéciale. Le processus de décomposition est tout autre que dans les cas de décomposition ordinaire. Des masses énormes de gaz ne pouvant se dégager au fur et à mesure de leur production, se combinent avec les éléments minéraux et peuvent, soit remonter vers la surface, soit rester ensevelis dans les couches en voie de formation. Dans le premier cas, nous avons les bitumes flottants, dans le second cas les mollusques bituminisés.

Aussi, les observations de M. Fraas sur la mer Rouge, si importantes qu'elles soient, ne nous font entrevoir qu'une partie des phénomènes qui nous intéressent. Avec lui, nous commençons à concevoir les phénomènes, mais nous aurions de la peine à expliquer les grandes accumulations, sur un espace restreint, des gisements asphaltiques du Val-de-Travers.

A ce propos, il convient de dire que je ne crois pas cette théorie immédiatement applicable à la mer Morte. Des observations recueillies par M. Lartet, il me paraît résulter que la quantité extraordinaire de bitume qui existe dans ce bassin résulte des suintements, des transsudations des roches bitumineuses, crétacées ou tertiaires qui l'entourent, bien plutôt que de la décomposition des organismes quaternaires et modernes. C'est, si on veut me permettre cette expression, une *origine seconde*, qui explique comment M. Lartet a pu se laisser en-

trainer à soutenir la théorie volcanique à propos du bitume de la mer Morte. En réalité, cette contrée est depuis les temps géologiques déjà anciens un *centre de formation du bitume*. L'énorme abaissement de 300 mètres de l'eau de ce bassin a fait surgir de véritables sources de bitume, qui se sont déversées dans la déclivité qui s'offrait à eux, tout comme on signale maintenant dans certaines contrées des sources naturelles de pétrole qui, si elles ne sont pas exploitées, peuvent donner lieu à la formation de dépôts auxquels on attribuerait une origine récente et souterraine. Je ne m'étendrai pas sur ce sujet, me proposant d'y revenir prochainement et de parler des bitumes et pétroles de Lobsann et de Pechelbronn, des asphaltées du Hanovre, etc.

### 3. Conclusions.

L'hypothèse de l'origine organique de l'asphalte est appuyée par tous les faits que nous avons réunis dans les paragraphes précédents. Aucune autre explication ne peut être donnée de ces faits qui puisse conduire à des conclusions opposées.

En d'autres termes, tout peut se concevoir dans l'hypothèse de l'accumulation de sédiments minéraux ordinaires, sans traces organiques, simultanément avec la précipitation des mêmes matières minérales associées aux produits de décomposition de la partie organique des animaux. Tout devient obscur, inexplicable dans l'hypothèse de la pénétration postérieure du bitume dans les couches, qu'elle ait lieu de haut en bas ou de bas en haut ; tout devient clair, accessible à notre intelligence dès que nous admettons l'origine simultanée du terrain et des substances bitumineuses qu'il renferme.

## IV

**Histoire géologique de l'asphalte dans le Jura.****1. Période jurassique.**

Le Jura, actuellement chaîne de montagnes, fut autrefois le fond de la mer. Cette mer, semée de terres peu élevées, d'îles et d'ilots, était le réceptacle de matières minérales arrachées à la surface des terres fermes, transportées et précipitées par les courants. Parmi les substances ainsi déposées, il en est une, le carbonate de chaux, dont la prodigieuse abondance a dès longtemps provoqué l'attention. Il a été émis au sujet de son origine diverses théories, parmi lesquelles je rappellerai celle de M. A. Vézian, qui évoque des phénomènes hydro-thermaux, c'est-à-dire que le carbonate de chaux aurait été amené des profondeurs du globe par des sources sous-marines, portées à une haute température. Il me paraît inutile de les discuter ou de les combattre ici ; les sondages et les dragages dans les profondeurs de l'Atlantique nous ont révélé nombre de faits plus probants, accusant une sédimentation calcaire capable de former des dépôts d'une puissance énorme, à en juger par les rapports des explorateurs maritimes.

Les dépôts calcaires étant surtout caractérisés comme formation de haute mer, il ne faut pas s'attendre à rencontrer dans leur sein des substances bitumineuses quelque peu abondantes<sup>1</sup>. Nous savons que celles-ci caractérisent

<sup>1</sup> Sinon peut-être les produits de décomposition des algues marines, telles que les Fucoïdes.

plutôt certains dépôts marneux et argileux, tels que les marnes liasiques. La présence du bitume à Noiraigue et à Vallorbes indique seulement la possibilité du phénomène sur certains points présentant des circonstances favorables. Au reste, on reconnaît toujours plus positivement que, pendant toute l'époque jurassique, le centre de l'Europe a manifesté une tendance à se soulever lentement et graduellement, de telle façon que la terre ferme s'agrandissait aux dépens de la mer.

En ce qui concerne la région qui nous occupe, le relèvement du fond sous-marin s'accuse, dès la fin de l'époque jurassique, par une faune d'animaux vertébrés, terrestres ou amphibies, crocodiles et tortues, poissons ganoïdes, dont les congénères habitent aujourd'hui les estuaires des grands fleuves. La retraite de l'élément salé devient certaine à mesure que nous voyons apparaître les dépôts de gypse et les calcaires lacustres à fossiles terrestres et d'eau douce du purbeckien. Si la mer crétacée doit de nouveau occuper certaines parties du territoire jurassien, elle ne dépassera guère les limites de ce lac purbeckien, tracées par M. Maillard sur une carte spéciale <sup>1</sup>.

## 2. Période crétacée.

*Phase urgonienne.* C'est d'ailleurs à partir de ce moment que commencent à se dessiner les plissements ou ridements initiaux de nos chaînons jurassiques, qui se traduisent par la disposition en retrait des divers étages du néocomien les uns par rapport aux autres. Nous avons vu, par exemple, que l'urgonien manque dans

<sup>1</sup> Étude sur l'étage purbeckien dans le Jura. Zurich 1884.

plusieurs vallons occupés par le valangien et le hauterivien, sans qu'on puisse en attribuer la cause aux phénomènes d'érosion.

Ce ne sont pas seulement des changements paléontologiques qui différencient les couches crétacées des couches jurassiques. Il y a aussi les changements pétrographiques, parmi lesquels on a signalé l'apparition de ces grains glauconieux déjà dans le purbeckien et qui deviennent tellement abondants dans la Craie de Rouen (craie chloritée ou glauconieuse).

Ainsi, dès le moment où se déposent les premières couches urgoniennes, les conditions géophysiques favorables à la transformation en bitume sont réalisées, et à Saint-Aubin se forme la première lagune ou plage de sable calcaire susceptible de se combiner avec ce bitume. Il ne faudra pas de bien grands changements pour que le processus se développe, et que l'on voie se former les dépôts du littoral oriental autour des chaînons de la Montagne de Boudry, du Chasseron, du Suchet, du Mont-Tendre, du Mont-Colombier, du Crédo, etc.

Au versant occidental, même phénomène. La mer <sup>1</sup>, longue et étroite, s'avance du sud au nord, de Belley-Seyssel à Bellegarde, les Rousses, Vallorbes, où elle communique avec le bassin principal.

Un autre bassin plus important va de Belley à Charix, Saint-Claude, Nozeroy, Pontarlier, l'Auberson, Val-de-Travers. Notre vallon était alors, au point de vue physique, une sorte de mer Rouge, au fond de laquelle venaient s'ensevelir dans un limon calcaire les produits de la décomposition des organismes marins dont, sans

<sup>1</sup> Voir la carte.



doute, le plus grand nombre avait vécu dans d'autres parties du bassin. Il ne semble pas en effet, comme je l'ai fait ressortir précédemment, que la formation du bitume ait été localisée sur le point où nous trouvons le banc d'asphalte.

Si, au Val-de-Travers, le dépôt du bitume et la formation de l'asphalte s'opéraient dans des conditions relatives de tranquillité et de régularité, il n'en était pas de même à Lovagny, Mussièges, Chavaroche, Pyrimont. De fréquentes modifications se produisaient, soit dans la profondeur du bassin, soit dans ses contours, soit enfin dans les courants qui entraînaient le bitume. Peut-être même celui-ci se formait-il en partie sur place, comme à Bevaix et, dans ce cas en proportions trop restreintes pour qu'il y ait production de dépôts d'asphalte aussi riches et aussi puissants que ceux du Val-de-Travers.

*Phase aptienne.* Ces modifications ou ces changements géophysiques s'accroissent tout particulièrement au Val-de-Travers, où les matériaux de sédimentation changent absolument de caractère. Des sédiments argileux ensevelissent une faune constituée en grande partie d'espèces nouvelles, précurseurs de celles des grès verts. Ces couches jaunes, bleues, vertes, sont d'ailleurs peu épaisses ; toute trace bitumineuse a disparu ; puis, retour des éléments calcaires, avec leurs grains de glauconie et une grande abondance de mollusques fossiles, donnant lieu à la formation d'une lumachelle. Ce ne sont pas seulement les coquilles qui s'entassent ainsi dans le fond du bassin, mais bien l'animal lui-même, renfermé dans son enveloppe calcaire, avant que ses muscles et ses chairs aient eu le temps de subir la décomposition ordinaire. Il se forme ainsi un *charnier*, une accumulation d'animaux morts,

dont les produits de décomposition ne peuvent remonter à la surface, ainsi que cela avait lieu pendant la phase urgonienne. Au reste, les choses ne se passent pas partout de la même façon. A une faible distance de ce centre de formation bitumineuse, il s'en présente un autre dans lequel le mélange du bitume et des sédiments calcaires, coquilles brisées et triturées, donne lieu à la formation de couches d'asphalte, auxquelles il ne manque qu'une plus grande épaisseur et un dosage en bitume plus élevé pour qu'elles soient susceptibles d'exploitation.

Enfin, rappelons que c'est seulement à cette extrémité nord du bassin aptien que les phénomènes bitumineux ont été observés. La mer crétacée présente alors son minimum d'extension dans nos régions; elle ne forme plus qu'un chenal long et étroit entre les deux chaînons orientaux du Jura. D'où provenaient les sédiments déposés dans ce bassin? Très probablement des matériaux arrachés aux rives de la partie méridionale, beaucoup plus large, et participant encore des caractères de l'urgonien, puisque dans cette région il a été proposé de réunir les couches et d'en constituer l'étage *urgo-aptien*.

*Phase molassique.* — La fin de la phase aptienne ne correspond nullement à la retraite de la mer de nos contrées; tout au contraire la mer albienne envahit de nouveau plusieurs vallons du Jura et y ensevelit une faune de mollusques, remarquable par les formes variées dont elle se compose. Moins riches en espèces, les dépôts céno-maniens accusent encore l'extension de cette mer sur un grand nombre de points du Jura : Saint-Point, Pontarlier, Sainte-Croix, Fleurier, la vallée des Ponts et, à l'est du chaînon principal, Souaillon près Saint-Blaise, jalonnent l'extension finale des couches crétacées dans cette région

du Jura qui, pendant un temps fort long, se présentera à l'état de terre ferme. Les dépôts sidérolitiques de La Sarraz, de Soleure, du Jura bernois, les calcaires lacustres de diverses localités, nous révèlent l'avènement de la vie terrestre à l'aurore de la période tertiaire, que nous appelons l'époque éocène.

Je me hâte d'arriver à cette dernière phase de la formation de dépôts bitumineux dans le Jura, ou dans son voisinage. Ce ne sont plus maintenant des sédiments calcaires qui vont emprisonner le bitume. Les dépôts eux-mêmes ne sont ni marins ni lacustres, mais plutôt mixtes, saumâtres. Enfin, ce sont des végétaux marins, algues, varechs, fucus, qui ont dû fournir les éléments de ce carbure d'hydrogène dont l'analogie avec le pétrole est incontestable. D'où provenaient ces végétaux ? C'est ce que je ne saurais dire, n'ayant pu jusqu'ici consacrer l'attention nécessaire à ce sujet cependant très important. Sans doute l'étude des gisements du bassin alsatique, qui sont exploités, fournira les éléments indispensables à quiconque voudra en faire l'histoire. Si j'ai cru devoir y faire allusion dans ce travail, c'est seulement, d'une part, en vue de préciser l'âge relatif de nos gisements bitumineux, de l'autre, de fournir une preuve de plus à l'appui de ce fait que *certaines contrées du globe ont été, dans les temps géologiques, et, pour quelques-unes encore actuellement, des centres de dépôts ou de formations bitumineuses*. La formation du pétrole, du bitume, de l'asphalte est d'ailleurs soumise, pour chacun de ces dépôts ou centres de formation, à des phénomènes ou à des conditions différentes.

*Phase de destruction et d'érosion.* — La mer miocène, qui a couvert une partie du plateau suisse et formé de nombreux golfes dans le Jura, s'est retirée définitivement

de nos contrées. Une grande nappe lacustre couvre toute la région nord-est de la Suisse, de Zurich au lac de Constance et en Bavière. De nombreux lacs occupent plusieurs vallons du Jura, le Locle, Tramelan, Delémont, etc., une faune et une flore luxuriante se développent sur leurs bords : tel est le spectacle que présente notre pays au moment où va se produire le phénomène si grandiose de la glaciation générale du centre de l'Europe, phénomène dont nous pouvons, presque avec certitude aujourd'hui, attribuer la cause au surélévement définitif et maximal des Alpes, ainsi que du Jura qui, lui aussi a eu ses glaciers propres, isolés, ou bien confondus avec les grands glaciers du Rhône et de l'Aar. C'est à ce moment sans doute que commencent à se manifester les phénomènes de destruction et d'entraînement des formations sédimentaires qui, dans la suite des périodes géologiques, avaient rempli les vallons du Jura. Favorisée par la dislocation des assises, l'action de l'eau s'exerce sur les roches compactes du terrain jurassique supérieur, atteint les couches moyennes et inférieures, qu'elle ravine profondément et qu'elle transforme en *combes*, en *cluses* ou en *vallées d'érosion*. Par ces issues, les matériaux des dépôts crétacés et tertiaires des vallons du Jura sont entraînés dans le bassin du Rhône et vont combler les vallées basses et les plaines jusqu'au delta du Rhône. Il ne sera jamais possible d'évaluer tant soit peu exactement le volume des matériaux ainsi enlevés dans une région telle que le Val-de-Travers, ni de déterminer, en particulier, le cube total des couches asphaltiques détruites, tant dans cette région qu'à Lovagny, Pyrimont, Chavaroche, etc.

#### 4. *Esquisse d'une carte de la mer urgonienne.*

En rédigeant les dernières pages de l'étude qu'on vient de lire, j'ai dû me demander s'il n'y aurait pas moyen de présenter d'une manière graphique et synthétique les connaissances acquises sur le sujet que je viens de traiter. C'est ce qui m'a conduit à tracer l'*Essai d'une carte de la mer urgonienne* et des gisements asphaltiques dans le Jura franco-suisse et la Haute-Savoie, dont je voudrais dire encore quelques mots (Pl. I).

Quiconque s'est occupé de géologie a dû reconnaître que les cartes géologiques, indiquant la répartition des terrains sédimentaires et autres, étaient insuffisantes à rendre compte des caractères géographiques du globe terrestre aux époques anciennes. De là sont résultés les essais de restauration de la répartition des terres et des mers dans telle ou telle contrée, que nous trouvons maintenant dans la plupart des traités de géologie.

La *paléogéographie* doit, avec le temps, se généraliser et s'appliquer tout aussi bien que la géologie à poser les fondements de l'histoire de la terre. C'est ce qu'ont compris des savants tels que M. Fayol, de Commentry, M. G. Maillard, dont j'ai mis à profit les remarquables travaux, et grâce auxquels je devrai le peu de mérite que peut présenter cet essai.

Il s'agissait, en un mot, de justifier cette affirmation que *certaines contrées du globe ont été, dans les temps géologiques, et, quelques-unes encore actuellement, des centres de dépôts ou de formation bitumineuse.*

En ce qui concerne les gisements jurassiques, j'ai dû me borner à l'indication des points connus par l'existence

d'indices bitumineux ou asphaltiques. On ne peut, pour le moment, rien dire de la configuration géologique de la contrée pendant cette partie de la période secondaire, non plus que de la profondeur des mers, mais il est évident que la tendance générale était à un relèvement du sol sous-marin et à une émergence momentanée, bien accusée par la formation lacustre du purbeckien.

Ce lac, de la fin de l'époque jurassique, dessine en quelque sorte les contours de la mer crétacée. L'absence de l'urgonien dans la région à l'ouest de Moirans, Champagnole, fait présumer l'existence de la terre ferme, de même que les chaînes du Risoux, du mont Colombier, mont Tendre, du Chasseron, montagne de Boudry, accusent une série d'îles ou de presqu'îles, alignées sud-nord et sud-ouest-nord-est. Deux golfes, longs et étroits, ramifiés à leur extrémité septentrionale, en baignaient les contours. Celui de l'ouest, que nous appellerons de St-Laurent-Pontarlier-Morteau, renferme des dépôts urgoniens importants, mais sans trace d'asphalte ou de bitume. Celui de Seyssel-Bellegarde, Vallorbes, Ste-Croix, Val-de-Travers, est au contraire remarquable par le nombre et l'importance des gisements bitumineux, qui forment cependant deux groupes distincts, celui de Pyrimont et celui du Val-de-Travers.

Enfin vers l'est les gisements voisins du lac d'Annecy, plus ou moins connexes du groupe de Pyrimont, se relie avec ceux du Val-de-Travers par les indices bitumineux du mont Mouret, du Mauremont, de Bevaix-St-Aubin.

Quelles étaient les limites de la mer urgonienne à l'est, c'est ce qu'il n'est pas possible de déterminer. Au sud, elle recouvrait certainement une grande partie du Faucigny, mais j'ai dit qu'on n'y avait reconnu aucune trace

de formation bitumineuse. Il semblerait dès lors que le processus bitumineux se soit réalisé plutôt au voisinage des côtes que dans la pleine mer. Ce qui se passe actuellement sur les bords de la mer Rouge est bien de nature à confirmer cette appréciation.

Que chacune des phases de l'époque crétacée dont on a fait les étages urgonien, aptien, albien ait été caractérisée par des oscillations diverses, affaissements ou relèvements du sol, c'est ce dont on ne peut douter en voyant les discordances de superposition des couches, les changements de facies des dépôts, etc. L'un des faits de ce genre le mieux caractérisé est celui de l'aptien, dont les couches font absolument défaut dans le golfe occidental de la mer urgonienne, aussi bien que dans le bassin oriental au pied du Jura, tandis que ses dépôts peuvent être suivis d'une façon presque continue de Bellegarde par les Rousses, Vallorbes, Ste-Croix, jusqu'à Travers, limite nord extrême du golfe. Or c'est précisément à cette extrémité resserrée que nous observons les facies si intéressants dont j'ai donné la description dans la première partie de cette étude. Cela me semble suffisant pour justifier pleinement mes appréciations sur la succession des phénomènes bitumineux dans certains bassins d'une étendue limitée.

Au dépôt des couches de l'aptien succède celui des sables à fossiles phosphatés de l'albien ou gault, c'est-à-dire une autre manifestation des phénomènes de transformation des substances organiques et de leur combinaison avec les substances minérales. A ce moment la mer semble s'être retirée absolument de la région outre-Jura, de Genève à Bienne; en revanche, elle envahit de nouveau le golfe de Nozeroy-Pontarlier-Morteau et y forme

des dépôts importants, sinon par leur puissance, du moins par l'abondance des fossiles à l'état de phosphates.

Les lambeaux de cénomanien de diverses localités du Jura vaudois, neuchâtelois et franc-comtois sont les derniers indices de la mer crétacée dans la région qui nous occupe, et je pourrais clore ici mes considérations paléogéographiques. Je me bornerai à rappeler l'existence des gisements de bitume ou de pétrole molassique de Pyrimont et de Chavornay-Orbe qui sont indiqués dans la carte par des signes particuliers.

---



RECHERCHES  
SUR LES  
HUILES POUR ROUGE TURC

PAR  
M. Paul JUIILLARD

---

(Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève  
dans sa séance du 7 août 1890.)

---

La graine du ricin, *Ricinus communis*, plante de la famille des Euphorbiacées, renferme 50 % de son poids d'huile. Cette huile, retirée par expression, est presque incolore et se distingue de ses congénères par sa propriété de se dissoudre en toutes proportions dans l'acide acétique et l'alcool absolu. Elle est constituée essentiellement par du triricinoléate de glycérine représenté par la formule :



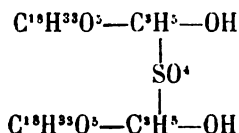
Les alcalis la saponifient avec facilité; l'acide sulfurique concentré la transforme rapidement en une substance qui, neutralisée par la soude ou l'ammoniaque, se trouve dans le commerce sous la forme d'une huile jaunâtre, épaisse. C'est l'huile pour rouge turc, qui joue un rôle important dans la teinture du coton au rouge d'alizarine artificielle ou à la garance; elle contribue à donner à ces rouges la beauté et la solidité qui les font tant rechercher.

Voici comment on la prépare : on verse peu à peu, en remuant sans cesse, 1 kilogramme d'acide sulfurique concentré<sup>1</sup> dans 5 kilogrammes d'huile de ricin refroidie par un courant d'eau. La réaction, qui commence aussitôt, est manifestée par un faible dégagement de chaleur; elle est généralement accomplie au bout de 36 heures. A ce moment, on y incorpore 5 kilogrammes d'une dissolution de sel marin à 10 %; deux couches se séparent, une couche inférieure, contenant l'eau de sel et l'excès d'acide sulfurique, et une supérieure, formée par la combinaison de l'huile de ricin avec l'acide sulfurique très soluble dans l'alcool et l'eau froide, et partiellement dans la benzine et la ligroïne qui enlèvent les acides gras non combinés avec l'acide sulfurique. Il ne reste plus qu'à la séparer des eaux mères et à la traiter par la soude.

Jusqu'à présent, les chimistes ne sont pas d'accord sur la constitution de l'huile encore acide. MM. Liechti et Suida<sup>2</sup>, M. Muller Jacobs et MM. Benedikt et Ulzer,<sup>3</sup> qui l'ont étudiée tour à tour, ont émis des avis différents.

MM. Liechti et Suida, admettant l'action à la fois saponifiante et oxydante de l'acide sulfurique, la regardent comme un éther sulfoglycérique de l'acide dioxyricinoléique.

Ils lui assignent la formule :

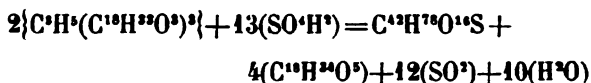


<sup>1</sup> Je me suis servi, dans mes essais, d'acide sulfurique monohydraté.

<sup>2</sup> *Berichte der deutschen Chem. Gesellschaft*, t. XVI, p. 2453.

<sup>3</sup> *Id.*, t. XX, p. 472 Ref.

Ce corps prendrait naissance d'après l'équation :

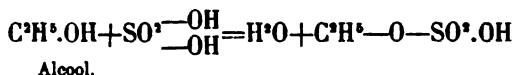


et sa formation serait accompagnée de celle d'acide dioxy-ricinoléique, d'eau et d'acide sulfureux.

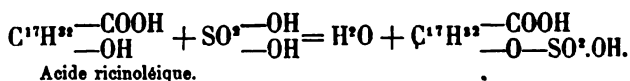
M. Muller Jacobs<sup>1</sup> rejette cette formule; il fait remarquer justement l'absence de tout dégagement d'acide sulfureux pendant la préparation de l'huile pour rouge et la présence constante de la glycérine dans les eaux mères; pour lui, l'huile pour rouge turc est constituée par un mélange d'acide ricinoléique, d'acide sulforicinoléique et de ricinoléine non attaquée.

MM. Benedikt et Ulzer<sup>2</sup> sont d'un avis qui ne diffère du sien que sur la formule à donner à l'acide sulforicinique : — Tandis que, d'après Muller Jacobs, le groupe sulfonique  $SO^2.OH$  serait lié directement au carbone, il aurait lieu, en réalité, par l'intermédiaire d'un atome d'oxygène —  $O — SO^2.OH$ ; en d'autres termes, ce corps serait un éther semblable à l'acide éthylsulfurique, produit de l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool éthylique.

On aurait



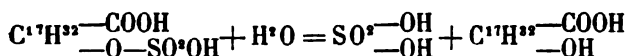
et



<sup>1</sup> *Berichte*, 1884. — Refer. 206.

<sup>2</sup> *Id.*, loc. cit.

L'acide sulforicinique que décrivent MM. Benedikt et Ulzer est huileux; il se dissout facilement dans l'eau et l'alcool; inattaquable par les alcalis caustiques, il est facilement décomposé à chaud par l'eau et les acides dilués. Ses produits de décomposition sont l'acide ricinoléique et l'acide sulfurique.



Cette action des alcalis et des acides, qui est en effet concluante, fixe la position du groupe sulfonique.

Tel était, je crois, en résumé, l'état de la question au moment où je l'ai reprise.

J'ai reconnu tout d'abord l'existence de la glycérine à la fois dans les eaux mères et dans l'huile pour rouge turc proprement dite; elle y est contenue en proportions variables suivant le mode de préparation; en moyenne, l'huile pour rouge turc renferme 50 %, de la glycérine primitivement contenue dans l'huile de ricin.

L'acide sulfurique combiné à l'huile pour rouge turc a été soumis à un dosage; on l'effectue en décomposant l'huile dissoute dans trois fois son poids d'eau par une ébullition prolongée; on sépare les eaux mères de la couche huileuse par décantation et lavages, et on les titre avec la potasse caustique normale. Rapporté à l'huile de ricin, le poids de l'acide sulfurique subit des variations allant de 5 à 8 %. Il est d'autant plus fort que l'huile pour rouge turc a été lavée avec une eau de sel de température plus basse. On peut donc considérer comme type d'huile pour rouge turc celle qui a été lavée avec de l'eau de sel à 0°; c'est une huile de cette nature et renfermant 8,10 %.

d'acide sulfurique titrable qui a servi à nos premiers essais; une autre, lavée avec de l'eau de sel à 50° pour étudier l'effet de la température, n'en renfermait que 5,52 %; l'une et l'autre se dissolvent dans l'eau en donnant un liquide limpide. La première dissolution ne se trouble qu'au bout de quelques heures; la deuxième, au contraire, devient rapidement laiteuse et une couche huileuse vient nager à la surface, témoignant d'une décomposition partielle.

Ces analyses faites, j'ai étudié la saponification de l'huile pour rouge turc faite dans une série de conditions.

Comme je l'ai dit précédemment, MM. Benedikt et Ulzer ont reconnu que les dissolutions de potasse et de soude caustique ne décomposent pas l'acide sulfuricinique; par conséquent, si, comme ils l'affirment, l'huile pour rouge turc n'est qu'un mélange d'acide sulfuricinique et d'acide ricinoléique, on devrait, après l'avoir soumise à l'action de ces réactifs, la retrouver sans altération. Or, il n'en est pas ainsi; en réalité, elle subit une modification complète; elle perd la glycérine qu'elle renferme, sa solubilité dans l'eau disparaît et sa propriété caractéristique de former avec les acides gras des émulsions permanentes n'existe plus. En ajoutant de l'eau au produit de la réaction refroidi et acidulé, deux couches se forment : une couche supérieure, qui est de l'acide ricinoléique, et une couche inférieure, tenant en dissolution l'acide sulfuricinique, qu'on sépare au moyen d'eau salée et acide. L'acide sulfuricinique se présente sous la forme d'un liquide huileux qui se solidifie bientôt en une masse cristalline; lavé rapidement à l'éther froid, qui lui enlève un peu d'acide ricinoléique, il offre sous le microscope des aiguilles bien définies. Son instabilité est grande; en contact avec de l'éther, il se convertit spontanément, dans l'inter-

valle de quelques heures, en acide sulfurique et en acide gras, insoluble dans l'eau; dissous dans l'eau et chauffé au bain-marie, il subit une décomposition semblable. L'éther décompose aussi l'huile pour rouge turc. Cette action dissociante de l'éther montre clairement que, dans le cas particulier, il ne faut pas attacher une valeur trop grande au mode de séparation effectuée avec ce liquide par plusieurs chimistes; j'ai constaté que la benzine et la ligroïne se prêtent beaucoup mieux à un tel emploi.

L'action des alcalis caustiques sur l'huile pour rouge turc donne ainsi naissance à de l'acide sulforicinique et à de l'acide ricinoléique; celle de l'eau pure ou acidulée est différente. Dans ces conditions nouvelles, on constate toujours l'élimination complète de la glycérine et de l'acide sulfurique, qui passent dans les eaux mères, et la formation d'une couche huileuse à propriétés acides. La composition de cette couche varie suivant le mode de saponification et le degré de température.

1° Obtenue à l'ébullition avec 20 fois son poids d'eau, elle est très soluble dans l'alcool à 95° froid; poids moléculaire 389.

2° Opérée au bain-marie, avec de l'eau pure, la saponification donne naissance à une huile soluble dans l'alcool froid; son poids moléculaire, déterminé dans le phénol par la méthode cryoscopique, est de 5506.

3° A la même température et en présence de l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, la saponification donne naissance à une huile soluble dans l'alcool froid; son poids moléculaire est de 580,79.

Ces poids moléculaires s'éloignent beaucoup de celui de l'acide ricinoléique, qui est de 298 et pour lequel j'ai trouvé 302; ils montrent que les corps auxquels on a affaire

méritent une étude approfondie; l'analyse immédiate établit qu'ils sont constitués en partie d'acide ricinoléique et en partie d'une substance huileuse peu soluble dans l'alcool et d'un poids moléculaire élevé; elle est identique à celles que nous allons décrire et se forme seulement en quantité plus minime.

4° Enfin, les produits de saponification obtenus en abandonnant au repos pendant plusieurs semaines l'huile pour rouge, telle qu'elle résulte de l'action de l'acide sulfurique sur l'huile de ricin, après un seul lavage à l'eau de sel à 40°, sont formés d'une huile du poids moléculaire de 995. Cette huile a des propriétés faiblement acides; elle est presque insoluble dans l'alcool concentré froid, soluble à chaud dans ce dissolvant, duquel elle se dépose en grande partie par le refroidissement; elle n'a pas une constitution chimique définie; c'est un mélange de plusieurs corps dont la séparation est basée sur leur inégale solubilité dans l'alcool, l'alcool mélangé à l'éther et l'alcool dilué. Jusqu'à présent, j'en puis caractériser trois.

Le premier, qui constitue les  $\frac{1}{10}$  du mélange, est insoluble dans l'alcool concentré froid et de consistance huileuse; deux déterminations cryoscopiques opérées dans le phénol sur des produits provenant de préparations différentes lui assignent des poids moléculaires élevés : 1420 et 1392; la potasse caustique alcoolique le convertit en acide ricinoléique.

Poids moléculaire de l'acide ricinoléique :

Trouvé . . . 289

Calculé . . . 298

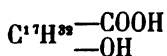
Analyse élémentaire :

	Trouvé.	Calculé.
C	72,06	72,48
H	11,23	11,40

Le deuxième est huileux ; il est soluble en toutes proportions dans l'alcool froid à 95 % ; il suffit d'une petite quantité d'eau pour le précipiter presque complètement de ses dissolutions alcooliques ; 592 est son poids moléculaire ; il forme avec le carbonate de soude un sel soluble dans l'alcool et insoluble dans l'eau ; cette dernière propriété le distingue de l'acide ricinoléique ; traité par la potasse caustique alcoolique, il donne de l'acide ricinoléique.

Le troisième est huileux également ; il se dissout dans une grande quantité d'alcool concentré froid ; son poids moléculaire, qui s'élève à 712, montre qu'il a une constitution intermédiaire aux deux autres ; toutefois il est encore souillé par une impureté, ainsi qu'on le verra plus loin.

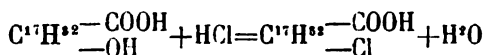
Au premier examen, la constitution de ces corps paraît singulièrement compliquée ; pour l'expliquer, il convient de rappeler la formule de l'acide ricinoléique, auquel, pour abrégé, je donnerai le nom d'acide ricinique :



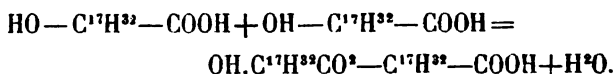
On voit que la présence du carboxyle et de l'hydroxyle lui confère les propriétés d'un acide et d'un alcool ; comme tel, il sera susceptible, sous l'influence des agents déshydratants, de former des éthers.

On aura, par exemple :

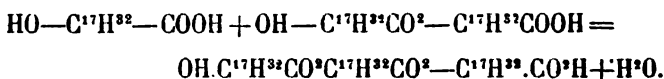




L'éthérification peut avoir lieu aussi entre deux molécules d'acide ricinique



Le corps obtenu, c'est-à-dire l'acide diricinique, manifestera à la fois les propriétés d'un éther, d'un acide et d'un alcool; il pourra, en vertu de cette dernière propriété, réagir à son tour sur une nouvelle molécule d'acide ricinique; l'acide triricinique prendra naissance :



L'acide triricinique, en s'unissant avec une molécule d'acide ricinique, se convertira en acide tétraricinique; on obtiendra de même l'acide pentaricinique, etc., etc. Tous ces éthers seront saponifiés par les alcalis et ramenés à l'état d'acide ricinique.

Le poids moléculaire de l'acide diricinique est de 578; 592 étant celui de la substance que j'ai retirée de l'huile pour rouge turc, on la considérera comme de l'acide diricinique. L'analyse élémentaire a donné :

	Trouvé.	Calculé.
C	74,96	74,91
H	11,25	11,41

L'acide triricinique ayant comme poids moléculaire

858, on peut en conclure que l'acide décrit plus haut et auquel la méthode cryoscopique assigne 712 est de l'acide triricinique souillé d'acide diricinique. On le purifie au moyen de l'alcool concentré chaud et refroidissement ultérieur : l'acide diricinique accompagné d'une certaine quantité d'acide triricinique se trouve dans la couche supérieure alcoolique ; l'acide triricinique pur constitue la couche inférieure comme le prouve l'analyse :

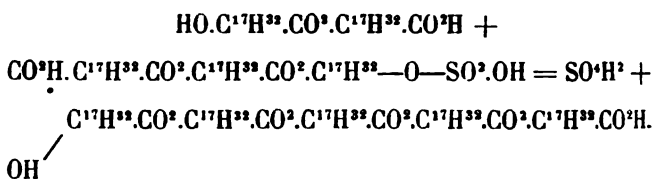
	Trouvé.	Calculé.
C	75,51	75,52
H	11,29	11,42

Le poids moléculaire de l'acide pentaricinique  $C^5H^{10}O^4$  est représenté par le chiffre 4418. La détermination du poids moléculaire de la substance insoluble dans l'alcool a fourni les chiffres 1392 et 1420, qui se rapprochent beaucoup du chiffre prévu par la théorie ; son identité avec l'acide pentaricinique est de plus établie par l'analyse élémentaire :

	Trouvé.	Calculé.
C =	76,06	C = 76,17
H =	11,10	H = 11,42
O =	12,84	O = 12,41
	<hr/> 100 —	<hr/> 100 —

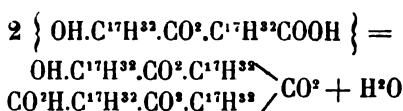
Comme on l'a vu précédemment (page 140, 4°), la quantité d'acide pentaricinique est considérable. Divers essais sur lesquels je reviendrai plus tard, me portent à croire cependant qu'il ne préexiste qu'en minime proportion dans l'huile pour rouge turc et qu'il prend naissance ultérieurement par une réaction secondaire entre l'éther

triricinosulfonique et l'acide diricinique, d'après l'équation :

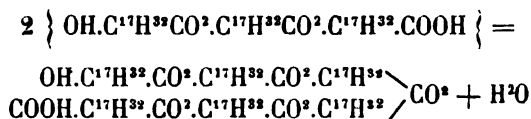


Pour que la série des acides polyriciniques<sup>1</sup> jusqu'à l'acide hexaricinique inclusivement fût complète, il resterait à décrire les acides tétraricinique et hexaricinique.

Cette lacune sera sûrement comblée; on rencontrera ces substances dans le mélange qui résulte de l'action de l'acide chlorhydrique concentré sur l'acide ricinoléique pendant trois semaines; c'est un mode de préparation très simple et recommandable; de plus, on arrivera directement à l'acide tétraricinique en traitant l'acide diricinique pur par l'acide chlorhydrique concentré et à l'acide hexaricinique en condensant l'acide triricinique au moyen du même réactif; on aura pour l'acide tétraricinique :



et pour l'acide hexaricinique :



<sup>1</sup> MM. Ssabanejew (*Berichte*, XIX, p. 239) Ref., Konst et Saytzev (*Ber.*, XIX, p. 541) Ref. décrivent une substance dérivée de l'acide oléique sous le nom d'anhydride oxystéarique; peut-être se rattache-t-elle à une série analogue. Voir aussi M. Geitel (*Ber.*, XXI, p. 252) Ref. et M. Benedikt (*Ber.*, XXXIII, p. 389) Ref.

Pour terminer, je relaterai encore quelques phénomènes offerts par l'huile pour rouge turc et qui viennent à l'appui des conclusions que je vais tirer.

1° La neutralisation de l'huile pour rouge turc à froid au moyen de la potasse caustique et de la phénolphthaléine exige une quantité d'alcali bien déterminée pour faire apparaître la coloration caractéristique de l'indicateur ; mais en faisant bouillir la dissolution obtenue pendant quelque temps, la coloration violette disparaît, et il faut une addition nouvelle de potasse pour la faire réapparaître. Ces additions graduelles doivent être renouvelées jusqu'à un moment où elle devient persistante. Il y a donc là une saponification ultérieure qui, comme je l'ai constaté, ne provient pas de la présence de la ricinoléine, ni de l'élimination de la glycérine liée au groupe sulfonique, celle-ci ayant eu lieu déjà. Cette saponification enlève à l'huile pour rouge turc ses propriétés, et on peut isoler du produit de la réaction l'acide sulfuricinique proprement dit et l'acide ricinoléique.

2° Si on neutralise imparfaitement l'huile pour rouge turc et qu'on expose la dissolution limpide à la chaleur du bain-marie, elle ne tarde pas à se troubler ; une couche huileuse, à propriétés acides, vient surnager. Cette couche, qui persiste après refroidissement, est due aussi à une saponification.

3° C'est également à une dissociation analogue qu'est due la couche huileuse que forment à la longue les dissolutions d'huile pour rouge, limpides au début.

4° L'huile pour rouge turc agitée avec la benzine à plusieurs reprises lui abandonne une portion qu'on obtient par évaporation spontanée du dissolvant sous forme d'acides gras, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool

froid et les carbonates alcalins. La portion insoluble dans la benzine, évaporée à l'air, finit par se prendre en une masse gélatineuse, très soluble dans l'eau, l'alcool, les dissolutions des alcalis libres ou carbonatés; elle se dissout aussi en totalité dans l'éther. En abandonnant à elle-même la dissolution étherée, on observe, au bout de quelque temps, la formation d'un dépôt blanc rappelant l'acide sulforicinique, qui finit par se résoudre en un liquide lourd, très acide, offrant les réactions de l'acide sulfurique; 24 heures après, la décomposition qu'on a vu s'accomplir pour ainsi dire graduellement est complète; la dissolution étherée surnageante, évaporée, laisse un liquide huileux, privé de soufre, insoluble dans l'eau et soluble dans les carbonates alcalins.

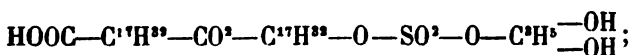
Dans un essai opéré sur une huile pour rouge turc type, le poids moléculaire des acides gras enlevés par le benzol était représenté par 404, celui des acides gras, formés au sein de l'éther, par la décomposition spontanée de l'éther proprement dit, soluble dans l'eau, par 439,58.

5° En agitant avec la ligroïne, le produit brut tel qu'il résulte de l'action de l'acide sulfurique sur l'huile de ricin, et évaporant la ligroïne, on n'obtient qu'un faible résidu huileux.

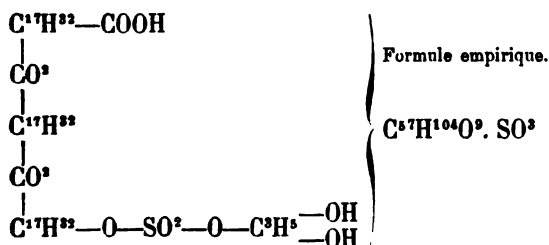
De tous ces faits, il semble naturel de formuler dans ses grandes lignes la constitution de l'huile pour rouge turc tirée de l'huile de ricin. Elle est primitivement formée d'acide ricinique et de plusieurs acides polyriciniques combinés par leur groupe alcoolique à l'acide sulfurique; celui-ci renferme un hydroxyle disponible qui est lié en grande partie avec la glycérine. Tous ces acides sont instables; les réactifs les plus faibles les saponifient, en donnant, suivant les conditions de température, des substances

de composition différente; aussi leur emploi judicieux permet-il d'obtenir tous les produits de décomposition, depuis les plus compliqués jusqu'au dernier terme, qui est l'acide ricinoléique. On pourrait donc définir l'huile pour rouge turc : les éthers sulfoniques et glycéro-sulfoniques de l'acide ricinique et de plusieurs acides polyriciniques<sup>1</sup> mélangés à leurs produits de décomposition, parmi lesquels l'acide ricinoléique prédomine.

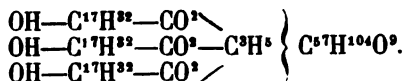
L'éther glycérosulfonique de l'acide diricinique serait représenté par la formule :



et l'éther glycérosulfonique de l'acide triricinique par



Sa formation serait due à une transposition moléculaire de la triricinoléine avec interposition subséquente d'acide sulfurique :



<sup>1</sup> Il est intéressant, à ce propos, de rappeler les analyses des sels des métaux terreux, alcalinoterreux et lourds obtenus au moyen de la portion de l'huile pour rouge soluble dans l'eau par MM. Liechti et Suida; elles donnent la mesure du poids moléculaire des éthers obtenus par ces chimistes (*Berichte*, XVI, p. 2453).

Cette hypothèse sur la constitution des huiles pour rouge turc explique bien les phénomènes qu'elles offrent : leur pouvoir dissolvant extrême, leur grande instabilité et la variabilité de leur composition ; elle montre aussi pourquoi l'acide sulfurique, comparativement au poids de la matière grasse avec laquelle il est associé, existe toujours en proportion si minime.

Je me réserve une étude plus complète de l'huile pour rouge turc dans l'ordre d'idées qui vient d'être énoncé ; je me propose de plus d'examiner l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'acide ricinique ; les résultats de ces recherches trouveront place dans un mémoire détaillé que je publierai prochainement.

Laboratoire de M. Græbe.

Genève, le 20 juillet 1890.

---

**RECHERCHES**  
**SUR**  
**L'INFLUENCE DE LA SENSIBILITÉ GÉNÉRALE**  
**SUR QUELQUES FONCTIONS DE L'ORGANISME**

**PAR**  
**Catherine SCHIPILOFF**

« Il n'y a point de spontanéité  
dans le système nerveux. »

---

Un grand nombre de mouvements réflexes qui contribuent à l'accomplissement de fonctions d'une grande importance, s'exécutent sous l'influence d'excitations venant non pas d'un point spécial du corps, mais de tous les nerfs sensibles qui transmettent aux centres les impressions de la superficie entière du corps, en d'autres termes de tous les nerfs de la sensibilité générale.

L'étude de ces phénomènes présente certaines difficultés et ne peut être menée à bon terme que si l'on s'adresse aux batraciens, aux grenouilles par exemple.

Chez ces animaux, en effet, il est possible de sectionner toutes les racines sensibles du corps sans amener la mort de l'animal, celui-ci peut encore vivre quelque



temps, grâce à la persistance de la respiration cutanée et à la survie de la fonction circulatoire.

L'animal dans cet état est privé de sensibilité, sauf celle fournie par les organes des sens, car les nerfs cérébraux de la sensibilité spéciale peuvent être conservés impunément, l'expérience ayant démontré qu'ils ne prennent aucune part aux fonctions dont nous allons nous occuper<sup>1</sup>.

L'animal semble mort au premier aspect, cependant on peut démontrer qu'il est vivant, et que la mort n'est qu'apparente. L'immobilité de l'animal résulte de l'absence de toute impulsion motrice, par le fait que les diverses sensations de la périphérie de son corps n'arrivent plus jusqu'à son cerveau; n'ayant aucune notion sur la position de ses membres il ne lui vient pas à l'esprit de la changer et il ne bouge pas; quelquefois, cependant, on voit de légers mouvements dans les globes de l'œil. Je donnerai plus loin les preuves de la persistance réelle de la vie chez ces animaux.

Le professeur Schiff a prouvé il y a longtemps que la respiration était une fonction soumise à la sensibilité générale du corps et qu'il en était de même pour les pulsations rythmiques des cœurs lymphatiques chez les batraciens.

Dans ses recherches sur la respiration, le professeur Schiff s'est borné à la respiration abdominale chez les grenouilles et les crapauds; j'ai repris ses observations et je les ai complétées en étudiant les mouvements respiratoires dans leur ensemble, tels qu'ils s'effectuent norma-

<sup>1</sup> Les sensations lumineuses peuvent d'après le prof. Schiff, modifier le rythme respiratoire; mais elles ne peuvent pas à elles seules maintenir la respiration.

lement, c'est-à-dire les mouvements des parois abdominales, de la glotte et des narines.

J'ai étendu ces recherches à plusieurs autres fonctions : la dilatation pupillaire, l'absorption dans les sacs lymphatiques, dans l'estomac et l'intestin, la sécrétion cutanée et les mouvements des cellules pigmentaires, et j'ai démontré que ces fonctions étaient soumises, elles aussi, à la sensibilité générale.

Mes recherches sur la pupille ont eu l'honneur d'un rapport fait par M. le professeur Schiff dans les *Archives de Pflüger* (Ueber den Einfluss der Nerven auf die Erweiterung der Pupille, bei Fröschen 1886); je n'en reparlerai pas ici.

C'est la respiration, l'absorption et la sécrétion cutanée qui feront l'objet du présent travail.

C'est sur les grenouilles des deux espèces : *Esculenta* et *Temporaria* que j'ai fait mes expériences; je vais maintenant les décrire et indiquer les résultats obtenus.

Mais disons d'abord quelques mots sur le procédé opératoire qu'il convient de suivre dans ce genre de recherches.

Pour pouvoir déterminer quels sont les nerfs sensibles dont l'excitation produit le mouvement réflexe étudié, il faut chez une grenouille mettre à découvert le système nerveux central, et voir quel sera l'effet des sections successives des diverses racines sensibles de la moelle.

C'est une opération très délicate, car il est facile de léser en même temps les racines motrices, ce qui pourrait fausser les résultats obtenus; ou bien le système nerveux central lui-même, lequel ne transformerait plus les impressions sensibles en impulsions motrices, et le réflexe étudié manquerait non par suite de la section des

racines sensibles, mais par suite de la lésion du système nerveux central.

Il faut toujours dans ces opérations éthériser l'animal profondément, il survit mieux en cet état à une opération importante que lorsque l'éthérisation est légère, car alors les excitations sensibles sont encore perçues, et outre qu'elles provoquent des mouvements gênants, elles peuvent encore donner lieu à des convulsions qui entraînent le plus souvent la mort.

Cependant lorsqu'il s'agit d'opérations fragmentées où la section des racines est faite à des distances de quelques jours, on peut, quand l'animal est rétabli après les opérations précédentes, et qu'il ne reste plus qu'une ou deux racines sensibles à couper, faire cette section sans éthérisation, car le système nerveux central étant déjà mis à découvert, il est facile de trouver ces racines, et leur section peut être faite très rapidement; l'éthérisation pourrait même être nuisible, vu que la respiration est suspendue à la suite de la section du dernier nerf sensible, et l'éther met alors plus de temps à s'éliminer du corps.

Il ne faut pas employer d'acide phénique dans les opérations sur les grenouilles, car elles le supportent mal, il provoque des convulsions souvent mortelles.

Enfin, quand l'opération est terminée il faut mettre quelques points de suture sur la peau de l'animal, afin de recouvrir le système nerveux central que le canal rachidien ne protège plus.

Il faut toujours vérifier par l'autopsie l'exactitude de l'opération et le fait qu'il n'y a pas eu de régénérescence des nerfs.

Les autopsies et les expériences de contrôle qui con-

sistent à exécuter toute la partie manipulative de l'opération, mais sans effectuer la section du nerf, peuvent seules apporter le contrôle nécessaire et permettre de conclure que l'effet produit par l'opération est en effet dû à la section des nerfs et non à des causes secondaires.

C'est le livre d'Alexandre Ecker « Die Anatomie des Frosches » qui m'a constamment servi de guide dans mes recherches, et pour la myologie j'emploierai toujours la nomenclature d'Ecker.

Cependant il y a quelques points de névrologie que je crois devoir rectifier. Dans le second volume de cet ouvrage il est dit que le nerf hypoglosse n'a qu'une seule racine, la racine motrice; c'est pour cette raison qu'Ecker (ou plutôt Widersheim) le met à part des autres nerfs spinaux qui ont deux racines, l'une motrice antérieure, l'autre sensible postérieure; or le nerf hypoglosse a deux racines tout comme les autres nerfs spinaux, la racine postérieure sensible est extrêmement mince mais cependant bien réelle, et un peu d'habitude suffit pour la trouver facilement et la couper sans léser la racine antérieure motrice. Si l'on conserve cette racine sensible seule, après que toutes les racines sensibles du corps ont été coupées, on voit très bien qu'elle donne la sensibilité à une partie de la peau du cou latéralement et aux angles de la bouche; on ne peut donc pas la négliger.

## PREMIÈRE PARTIE

### RESPIRATION.

Je distingue chez la grenouille trois sortes de mouve-

ments qui constituent l'acte respiratoire : ce sont les mouvements des parois abdominales, de la glotte et des narines.

La respiration abdominale est due à la contraction des muscles *obliquus externus* et *obliquus internus*, dont l'activité produit une compression de la cavité thoraco-abdominale et par suite la compression des poumons; c'est un mouvement d'expiration et l'air est chassé au dehors.

Les mouvements respiratoires de la glotte sont dus principalement au mouvement de retrait de la membrane jugulaire soumis au muscle *submaxillaris*.

Le troisième mouvement est celui des narines. Ecker décrit deux muscles pour les narines; l'un, le muscle *intermaxillaris* produirait l'ouverture des narines; l'autre muscle, *lateralis narium*, un effet contraire et provoquerait leur occlusion; mais le dessin qu'il donne de ces deux muscles ne montre pas très clairement comment ces deux mouvements s'effectuent.

Quoi qu'il en soit des muscles qui président à leurs mouvements, les narines chez une grenouille qui respire exécutent un double mouvement d'occlusion et d'ouverture, ce qui donne à leur contour tantôt la forme allongée linéaire, par suite du rapprochement des deux bords antéro-postérieurs, tantôt la forme circulaire.

Lorsque les respirations cessent, par suite de la mort de l'animal ou pendant l'éthérisation profonde, les narines sont alors à demi closes, leur forme est elliptique et elles ont l'air d'être affaissées; leur bord cartilagineux n'est plus aussi saillant que pendant la vie active de l'animal.

A ces trois mouvements, il faut encore ajouter le mouvement du larynx.

C'est un mouvement de propulsion isochrone du mouvement de la membrane jugulaire.

Pendant ce mouvement, le larynx est porté en avant vers la bouche, la fente laryngée s'ouvre en même temps; puis survient un mouvement de recul et l'ouverture du larynx se referme. Ce sont les muscles *geniohyoïdeus*, *petrohyoïdeus*, *sternohyoïdeus* et les muscles *constrictor* et *dilatator laryngis* qui président à ces mouvements.

Les trois mouvements qui constituent l'acte respiratoire chez la grenouille n'ont pas tous la même fréquence. Le mouvement de la glotte est celui dont le rythme est le plus constant; il est rarement suspendu à l'état normal, les intervalles d'arrêt sont courts et il reprend bien vite avec sa fréquence ordinaire.

Les respirations abdominales sont quelquefois aussi fréquentes que les respirations de la glotte, mais le plus souvent on voit des intervalles de temps considérables pendant lesquels ces mouvements sont suspendus, puis on voit se succéder deux ou trois respirations abdominales toujours accompagnées des mouvements de la glotte et des narines.

Quel est le mécanisme de la respiration ?

Le mouvement de la membrane jugulaire et celui des parois abdominales ont pour effet de diminuer la capacité des cavités que ces parois limitent; l'air est chassé hors de ces cavités; le relâchement des muscles produit l'effet inverse. Il semblerait donc que le mouvement expiratoire soit le seul mouvement actif, le mouvement inspiratoire étant le résultat du relâchement musculaire.

Mais le mouvement des narines vient s'ajouter aux deux autres mouvements et le mécanisme de la respiration devient un peu différent.

Observons une grenouille qui respire : elle fait un certain nombre de respirations de la glotte seule, les narines sont largement ouvertes et l'air se renouvelle librement dans la cavité buccale ; puis surviennent plusieurs respirations abdominales, toujours synchroniques avec les mouvements respiratoires de la glotte et accompagnées des mouvements des narines. Les respirations abdominales débutent par un mouvement expiratoire : contraction des parois abdominales, à ce moment les narines se ferment et c'est exclusivement aux dépens de l'air contenu dans la cavité buccale que le renouvellement de l'air des poumons a lieu dans chaque respiration.

La contraction des parois abdominales est accompagnée de l'ouverture de l'orifice du larynx, l'air des poumons est chassé dans la bouche, mais, immédiatement, on voit survenir une contraction de la membrane de la glotte ; le larynx à ce moment fait un mouvement de propulsion vers la bouche, ce qui diminue encore cette cavité et l'air est ainsi poussé dans les poumons par l'ouverture laryngée très ouverte. Ce mouvement est suivi de la fermeture de l'orifice du larynx, du relâchement de la membrane jugulaire et de l'ouverture des narines.

On voit nettement les poumons se gonfler lorsque, le larynx étant ouvert, la membrane jugulaire se contracte.

Si l'on examine tous ces mouvements très attentivement, on s'aperçoit que le mouvement de fermeture des narines s'effectue un peu après le mouvement des parois abdominales ; l'intervalle est excessivement court, une fraction de seconde tout au plus ; cependant il permet une toute petite sortie de l'air par les narines, ce que l'on réussit quelquefois à voir par les oscillations d'une barbe de duvet maintenue devant l'ouverture des fosses nasales ; mais

la plus grande partie de l'air des poumons reste renfermée dans la cavité buccale qu'il distend et où il se mélange à l'air frais.

En résumé, l'air frais est amené dans la glotte au moment de l'ouverture des narines et de l'abaissement simultané de la membrane jugulaire, mais cet air pur se mélange avec l'air chassé des poumons par la contraction des parois abdominales, et lorsque la contraction de la membrane jugulaire pousse une nouvelle ondée d'air dans les poumons, c'est un mélange d'air frais et d'air respiré qui pénètre ainsi dans l'organisme. L'échange gazeux s'effectue donc ainsi d'une manière incomplète mais continue.

Après 5-10 respirations complètes, le mouvement des parois abdominales cesse de nouveau, le larynx est fermé et les respirations de la glotte continuent seules pendant quelque temps ; puis les respirations complètes reviennent et ainsi de suite.

Pour observer l'ouverture et la fermeture du larynx, il faut prendre la grenouille dans la main et lui ouvrir la bouche ; après quelques mouvements de résistance, elle s'habitue vite à cette position et se remet à respirer. On voit alors que la fente laryngée s'ouvre d'abord très peu, puis va en s'élargissant quand le larynx est poussé en avant, pour se refermer brusquement à la fin de ce mouvement quand le larynx se retire en arrière.

La fermeture des narines suit presque immédiatement le commencement de l'ouverture de la fente laryngée ; ce mécanisme a pour effet d'empêcher les poumons de se dégonfler entièrement, et il s'établit dans l'intérieur des poumons une certaine pression de l'air, supérieure à la pression atmosphérique.



Si l'on maintient pendant quelques instants les grenouilles avec la bouche ouverte, on voit les poumons se dégonfler bien vite, car le larynx s'ouvre à l'air libre; mais le dégonflement ne va pas trop loin et les parois abdominales restent à moitié tendues; si à ce moment on comprime avec les doigts les côtés de l'abdomen, les poumons se dégonflent complètement, et lorsqu'on lâche l'animal, on voit au premier moment les parois abdominales creusées des deux côtés à l'emplacement des poumons. Mais aussitôt il s'établit une série de mouvements respiratoires de la glotte et des narines, et chaque mouvement de la membrane jugulaire envoie un paquet d'air dans les poumons, lesquels se gonflent par petites saccades, très rapidement, et sans que les mouvements de gonflement soient visiblement interrompus par une contraction des parois abdominales. Ce n'est qu'au bout de quelque temps, et lorsque le gonflement des poumons a atteint une certaine limite qu'on voit les mouvements expiratoires de l'abdomen reprendre leur train.

Si chez une pareille grenouille dégonflée mécaniquement on maintient la bouche ouverte en introduisant en travers de la bouche une petite baguette et en liant les pattes antérieures pour empêcher l'animal de se débarrasser de cet objet, on voit les poumons rester dégonflés malgré les mouvements rapides de la membrane jugulaire et des narines, qui vont leur train; c'est que l'air, au lieu d'être poussé dans les poumons, est chassé au dehors par la fente buccale restée ouverte.

Ainsi, paraît-il, le relâchement des parois abdominales ne suffit pas pour faire pénétrer en quantité suffisante l'air dans les cavités pulmonaires, il faut pour cela une certaine poussée, laquelle est justement fournie par la contraction de la membrane jugulaire.

Chez les Esculenta, le coassement est produit par des résonnateurs qui communiquent avec la bouche par un canal muni d'un sphincter. Une forte contraction des parois abdominales pousse l'air dans la bouche et les résonnateurs, les narines étant fermées; puis les résonnateurs se dégonflent et la membrane jugulaire repousse l'air dans les poumons.

Outre la respiration pulmonaire, les grenouilles possèdent encore la respiration cutanée, ce qui leur permet de vivre même quand la respiration pulmonaire est entièrement supprimée.

## I

Quels sont les nerfs moteurs qui président aux mouvements respiratoires?

- a. Mouvements des narines.
- b. Mouvements de la membrane jugulaire.
- c. Mouvements du larynx.
- d. Mouvements des parois abdominales.

Les nerfs moteurs qui donnent ces mouvements tirent leur origine de quatre sources distinctes qui sont :

- 1° La racine du facial.
- 2° La racine du vague.
- 3° La racine motrice de l'hypoglosse.
- 4° Les racines motrices des III, IV, V, VI et VII nerfs spinaux.

## EXPÉRIENCES

Faisons les sections de ces diverses racines; elles doivent être faites dans l'intérieur du canal rachidien.

*Section du facial.*

La racine du nerf facial quitte le cerveau en compagnie du nerf acoustique auquel elle est accolée pendant une partie de son trajet, puis elle s'en sépare pour se joindre au nerf trijumeau à son entrée dans le ganglion de Gasser. C'est dans ce trajet entre le nerf acoustique et le nerf trijumeau que la racine du nerf facial doit être sectionnée.

Quels sont les effets de la section bilatérale de cette racine sur la respiration ?

Action sur les narines. Les muscles *intermaxillaris* et *lateralis narium* étant paralysés, les mouvements d'occlusion et d'ouverture sont abolis, les narines sont immobiles, à demi ouvertes.

Action sur la membrane jugulaire. Le muscle *submaxillaris* (*mylohyoideus*) est paralysé et le mouvement actif principal de retrait manque, mais la membrane jugulaire n'est pas immobile ; elle conserve un certain mouvement de retrait dû à la traction qu'exerce sur elle le larynx dans son mouvement de propulsion et d'élévation (m. m. *péetrohyoides*).

Action sur la mâchoire inférieure. Les muscles *masseter* et *temporalis* sont paralysés et la mâchoire inférieure n'a plus de mouvement actif, cependant si on ouvre la bouche, on voit chaque mouvement de soulèvement du larynx être accompagné d'un faible mouvement de relèvement de la mâchoire inférieure ; si la fente buccale est étroite, ce petit mouvement suffit pour faire rencontrer les mâchoires et alors l'adhérence des deux lèvres maintient la bouche fermée.

Les respirations abdominales continuent, le larynx aussi se meut bien, et la fente laryngée continue à s'ouvrir normalement. Les narines sont immobiles, elles se remplissent très vite de mucosités qui bouchent leur orifice. Ouvrons la bouche à cette grenouille : les contractions des parois abdominales continuent à envoyer des paquets d'air par le larynx, cet air sort par la bouche, et les poumons se dégonflent jusqu'à ce que les parois abdominales arrivent à une demi-tension.

Si l'on n'ouvre pas la bouche, l'air chassé des poumons dans la cavité buccale cherche à sortir par les narines, mais celles-ci étant bouchées par les mucosités, la pression de l'air se borne à effectuer un mouvement passif de soulèvement et d'abaissement des narines qui accompagne chaque respiration ; ce mouvement peut être, à première vue, pris pour un mouvement actif, mais un examen plus attentif montre immédiatement que l'on a affaire à un mouvement de propulsion des narines en haut, leur diamètre ne varie pas, il n'y a ni ouverture ni fermeture.

Chez ces grenouilles la respiration est nulle malgré le mouvement respiratoire très apparent et très actif, car l'air ne peut ni entrer ni sortir.

Notons encore que la section du nerf facial s'accompagne de l'abaissement de l'œil du côté correspondant par suite de la paralysie du muscle *levator bulbi*.

Les sections unilatérales du nerf facial sont très instructives aussi, car alors on voit bien la différence entre les deux côtés de la figure ; la bouche est de travers et un peu ouverte d'un côté, la narine du même côté est immobile, le côté paralysé de la membrane jugulaire est tiré

vers le côté sain, et l'œil abaissé est repoussé en haut à chaque mouvement respiratoire.

*Section du nerf vague.*

Coupons des deux côtés la racine du vague.

Action sur le larynx. Les muscles *petrohyoïdei* étant paralysés, le mouvement de soulèvement et de propulsion manque, le larynx est abaissé et la gorge semble gonflée, la fente laryngée reste fermée par suite de la paralysie des muscles *constrictor* et *dilatator laryngis* et par l'adhérence des deux lèvres qui limitent la fente.

Les mouvements respiratoires de la glotte s'effectuent très bien lorsqu'ils sont seuls, car les narines restent ouvertes ; mais dès que les respirations abdominales viennent s'y ajouter, les conditions changent. En effet, les narines se ferment, mais le larynx est fermé aussi, l'air ne peut plus pénétrer dans les poumons et le mouvement de la membrane jugulaire devient plus limité par suite de la résistance que l'air emprisonné dans la bouche lui oppose.

Si l'on a affaire à une Esculenta munie de résonnateurs, ceux-ci se gonflent à chaque mouvement de la membrane jugulaire, mais sans produire aucun son.

Le gonflement des résonnateurs est facilité par la paralysie du sphincter qui limite l'orifice de leur canal et aussi par l'inactivité du muscle qui tapisse le sac ; lorsque les résonnateurs se dégonflent ils ne se retirent pas complètement, mais pendent en plis aux coins de la bouche.

Chez ces grenouilles les mouvements des parois abdominales peuvent s'effectuer, mais ils restent sans résultat, car l'air contenu dans les poumons ne peut plus se renouveler.

*Section de l'hypoglosse.*

La section bilatérale de la racine motrice de l'hypoglosse est facile à faire, mais l'effet de cette section est difficile à constater.

Pour étudier l'influence de ce nerf sur les mouvements respiratoires il faut sectionner le facial et le vague des deux côtés et voir quels sont les mouvements respiratoires qui sont conservés, puis couper la racine de l'hypoglosse et voir s'ils sont abolis.

Faisons la section bilatérale simultanée des racines du facial et du vague : on voit un tout petit mouvement de retrait de la membrane jugulaire accompagné d'un autre petit mouvement d'abaissement de la mâchoire inférieure, ce sont les contractions des muscles *geniohyoïdei* qui en sont la cause. En effet, le larynx est abaissé et maintenu dans cette position par l'action des muscles *sternohyoides* ; les contractions des muscles *geniohyoïdei* qui s'insèrent sur le larynx et sur l'extrémité antérieure de la mâchoire inférieure, ont alors pour résultat de tendre la membrane jugulaire et d'abaisser un peu la mâchoire inférieure.

*Section des racines motrices spinales.*

D'après le livre d'Ecker ce sont les III, IV, V, VI et VII nerfs spinaux qui se rendent aux muscles abdominaux.

Dans mes expériences j'ai donc sectionné les racines motrices de tous ces nerfs à la fois.

Quels sont les effets de cette section sur la respiration ?

Les muscles *abliquus externus*, *obl. internus* et *rectus abdomini* sont paralysés.

Au premier abord il semble que les mouvements des parois abdominales ont lieu normalement, car on voit les poumons se gonfler et se dégonfler par petites saccades à peu près comme chez une grenouille normale.

Mais les mouvements d'expiration sont purement passifs, dus à l'ouverture du larynx, qui laisse sortir l'air contenu dans les poumons.

Les mouvements de gonflement sont par contre dus à la rentrée de l'air dans les poumons.

Les parois abdominales suivent ces mouvements sans y prendre aucune part active.

Au lieu d'une seule contraction rapide, le retrait des parois abdominales s'effectue par deux ou trois petites saccades qui se succèdent rapidement.

La tonicité des parois abdominales est perdue aussi, et les poumons peuvent se gonfler plus que normalement.

Pour démontrer que les mouvements des parois abdominales sont en effet purement passifs et qu'ils sont la conséquence des changements de volume des poumons, sectionnons des deux côtés le nerf vague, aussitôt ces mouvements cessent car les poumons ne peuvent plus ni se gonfler ni se dégonfler, les parois abdominales sont immobiles, il ne reste plus qu'un petit mouvement dû à la traction qu'exercent sur elles les mouvements respiratoires de la membrane jugulaire.

Les respirations chez une grenouille ainsi opérée se bornent donc aux seuls mouvements de la membrane jugulaire accompagnés des mouvements des narines, ils sont tout à fait inefficaces.

## II

*Quels sont les nerfs sensibles dont l'irritation provoque des mouvements respiratoires ?*

On ne peut étudier cette question qu'en faisant des sections successives des différentes racines sensibles et en étudiant l'effet de ces opérations sur la respiration chez l'animal rétabli et en bonne santé.

C'est dans le canal rachidien que tous les nerfs sensibles doivent être coupés, car ensuite les racines sensibles se fusionnent avec les racines motrices et forment des nerfs mixtes dont la section ne prouverait rien.

Le principal nerf sensible de la tête est le nerf trijumeau, c'est lui qui donne la sensibilité à toute la face et au cou, ainsi qu'à la membrane jugulaire; c'est par lui que je devrais commencer, mais je m'occuperai d'abord des nerfs auditifs et voici pourquoi :

Le nerf auditif est un nerf de sensibilité spéciale, néanmoins sa section donne lieu à des phénomènes très remarquables, des phénomènes de motilité que le seul fait de la surdité de l'animal ne peut pas expliquer. On était donc en droit de supposer que ce nerf peut aussi exercer une certaine influence sur la respiration.

Pour élucider cette question j'ai fait un assez grand nombre de sections des nerfs auditifs; voici quelques-unes de mes expériences.

*Section des nerfs acoustiques.*

Le tronc de l'acoustique quitte le cerveau avec le



nerf facial, mais bientôt ces deux nerfs se séparent, le facial allant rejoindre le ganglion de Gasser. C'est sur le trajet du nerf acoustique, après sa séparation d'avec le nerf facial, qu'il convient de faire la section; de cette façon on n'a que les effets dus à la section du nerf acoustique seul, et aucune complication ne vient s'y ajouter.

Il faut faire la section du nerf auditif tout près de la paroi du crâne en prenant soin toutefois de ne pas trop raser l'os pour ne pas léser le sympathique, qui à cet endroit entre dans le crâne par le *Foramen condyloideum* à la rencontre du nerf vague qui sort par le même trou.

Pour faire la section des nerfs auditifs il ne faut pas chercher à les voir car il faudrait pour cela toucher aux lobes optiques et les écarter; cela pourrait donner un ébranlement du cerveau qu'il faut toujours éviter. Il faut s'habituer à les conper sans les voir, ce qui n'est pas difficile car ils peuvent être atteints facilement soit par en haut en ouvrant le crâne sur le sommet de la tête, soit par en bas, c'est-à-dire en pénétrant dans le crâne par la bouche.

L'état des yeux montre de suite si le facial est lésé ou intact, car les yeux sont abaissés et recouverts par les paupières lorsque le facial est sectionné; l'état de la peau et de la pupille montreront de même si le sympathique a été atteint ou non, la section du sympathique étant accompagnée du rétrécissement de la pupille et de la sécheresse de la peau du côté correspondant.

Si le facial n'a pas été atteint du tout dans la section de l'acoustique, on peut être certain que le cerveau n'a pas été touché non plus, car le facial est interposé entre le cerveau et la partie de l'acoustique qu'on doit

sectionner; il est impossible de blesser pendant l'opération le cerveau sans toucher au facial.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale du nerf acoustique.

L'état de l'animal montre après l'opération qu'aucun autre nerf n'a été atteint pendant la section de l'acoustique.

Mais comment pouvons-nous savoir sur le vivant que les acoustiques ont été véritablement coupés? La surdité ne se révèle que peu ou point à l'observation, car les grenouilles sont très indifférentes à toute espèce de bruit ou de sons qu'on peut produire, je ne les ai jamais vu montrer aucune attention pour les phénomènes sonores en général; peut-être sont-elles attentives aux bruits produits par leurs congénères? C'est difficile à observer.

Mais l'animal dont un ou deux acoustiques ont été sectionnés montre un certain nombre de phénomènes intéressants que je ne décrirai que sommairement, car le professeur Schiff les a étudiés tout dernièrement; je ne m'occuperai donc que des phénomènes successifs à la section des deux acoustiques, comme se rapportant aux opérations qui pouvaient me servir.

Voici les phénomènes tels qu'ils se présentent généralement et qui peuvent faire reconnaître chez une grenouille la lésion des acoustiques: Les pattes antérieures sont légèrement étendues en avant; la grenouille s'appuie un peu sur les avant-bras et moins sur la main. L'animal se met en marche difficilement avec beaucoup de paresse, même si on le pousse un peu par derrière, il ne s'enfuit pas de suite mais reste un bon moment avant de se décider à sauter ou à marcher. Quand il marche, on remarque un peu de titubation, il incline son corps tantôt sur la patte droite, tantôt sur la patte gauche; il tient souvent les pattes de derrière un peu trop relevées en marchant, on dirait qu'il évite de les appuyer par terre.

S'il se met à sauter, il peut exécuter quelquefois 2 ou 3 sauts tout à fait normalement, puis vient un saut où la direction du corps est plus verticale qu'il ne faudrait, et la grenouille, en retombant sur le sol, semble s'asseoir d'abord sur ses pattes de derrière avant de toucher le sol avec ses pattes de devant; d'autrefois, elle retombe bien normalement mais en laissant ses pattes de derrière un peu plus longtemps étendues, on dirait qu'elle a oublié de les retirer — elle ne le fait qu'après un moment.

Tous ces phénomènes sont plus accusés pendant les premiers jours qui suivent l'opération et diminuent peu à peu dans la suite jusqu'à disparaître presque complètement; il ne reste qu'un peu de paresse à se mettre en mouvement et une position légèrement verticale pendant le saut, encore est-ce peu apparent.

La respiration se fait très normalement chez cet animal, et les trois mouvements de la glotte, des parois abdominales et des narines y participent comme à l'ordinaire.

Je tue la grenouille après deux mois et demi.

Autopsie. — L'opération est exacte, pas de régénérescence.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale du nerf acoustique.

Aucun autre nerf n'est lésé par l'opération. La respiration se fait très bien et tout à fait normalement. Les autres phénomènes successifs à la lésion des acoustiques que nous avons décrits sont nettement accusés chez cet animal.

Je tue l'animal après deux mois.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale de l'acoustique.

La section est très bien faite, sans aucune lésion secondaire. Elle présente les mêmes phénomènes que les grenouilles précédentes. La respiration se fait très normalement avec participation des trois mouvements.

Je tue l'animal après trois mois.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Des deux côtés l'acoustique est coupé, la section est bien faite, les autres nerfs ne sont pas lésés; la démarche accuse nettement l'exactitude de l'opération. La respiration n'est en rien modifiée et s'effectue très normalement, — les narines bougent chaque fois.

Je tue l'animal à la fin du troisième mois.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale de l'acoustique faite sans autre

lésion accessoire. Même modification dans la démarche que tous les jours. La respiration est tout à fait normale.

Grenouille tuée à la fin du deuxième mois.

Je pense que ces exemples suffisent ; je pourrais les multiplier car j'ai fait une vingtaine d'expériences semblables ; je me borne à ces 5 grenouilles, elles montrent bien que les nerfs acoustiques n'ont aucune influence sur les réflexes de la respiration.

### *Section du trijumeau.*

Le trijumeau, peu après sa naissance du système nerveux central, et dans son trajet intracrânien, reçoit les fibres du nerf facial ; et les deux nerfs réunis forment le ganglion de Gasser, auquel vient se joindre le nerf sympathique à son entrée dans le crâne.

Il faut, en faisant la section de la racine du nerf trijumeau, éviter de toucher à ces deux nerfs, car cela pourrait compliquer les suites de l'opération en donnant des effets secondaires de paralysie ; toutefois pour la respiration c'est le nerf facial qui seul a de l'importance.

La section de la racine du trijumeau est facile à faire, sans autre lésion accessoire ; avec un peu d'habitude on y parvient, mais il ne faut pas tâcher de la voir pour la sectionner, car alors on risquerait de léser le cerveau par la manipulation ; il faut simplement, une fois le crâne ouvert, prendre des petits ciseaux très fins, et plaçant les branches peu écartées l'une de l'autre, enfoncer verticalement les ciseaux dans le crâne ouvert en maintenant la ligne d'ouverture des deux branches parallèle à l'axe longitudinal du cerveau et, en rasant le bord latéro-postérieur du lobe optique. On fait la section dès que les pointes ont touché le plancher du crâne.

Le plus souvent la section du nerf trijumeau est nette et complète d'après ce procédé, et aucun autre nerf n'est ainsi atteint, cependant il arrive quelquefois que dans cette section on comprend aussi un petit filet du nerf facial; celui qui se rend au muscle *levator bulbi*; alors l'œil du côté lésé se trouve abaissé et en partie recouvert par la paupière qui remonte de bas en haut. On voit dans ce cas l'œil exécuter un mouvement de va-et-vient avec chaque mouvement respiratoire de la membrane jugulaire.

Pour l'étude de la respiration ceci n'a toutefois aucune importance, car les mouvements des narines n'en sont nullement modifiées.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération* : des deux côtés la racine du trijumeau est sectionnée avant son entrée dans le ganglion de Gasser.

La grenouille ne présente aucun autre phénomène que l'insensibilité complète de la tête. La respiration chez elle est tout à fait normale. Elle vit très longtemps sans présenter aucun phénomène pathologique ni aucune plaie ou inflammation des yeux ou du bout du nez; on peut, en prenant certaines précautions de propreté pour le maintien de la grenouille, conserver des animaux pendant deux ou trois mois et davantage sans voir survenir aucune complication inflammatoire.

L'animal est tué au bout du troisième mois.

#### RANA ESCULENTA.

*Opération*. Section bilatérale de la racine du nerf de trijumeau. Après l'opération, la tête est entièrement insensible et ne présente rien d'anormal, les yeux sont bien élevés et ouverts. La respiration se fait très bien; les trois mouvements : abdominal, de la membrane jugulaire et des narines s'effectuent normalement. Je la tue après deux mois, pendant lesquels elle se portait à merveille et ne présentait aucun phénomène inflammatoire de la surface cutanée de la tête ni des yeux.

## RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale de la racine du trijumeau. Par mégarde le filet du facial qui innerve le m. levator bulbi a été sectionné. Après l'opération, l'anesthésie de la tête est complète. L'œil dont le nerf a été atteint est abaissé et à moitié recouvert par la paupière; il effectue un mouvement passif de va-et-vient qui accompagne les mouvements de la membrane jugulaire pendant la respiration.

Les mouvements respiratoires s'effectuent normalement et les deux narines y prennent part également bien.

Je laisse vivre cet animal pendant presque quatre mois, il se porte toujours bien et ne présente aucune inflammation ni plaie sur la figure.

Je l'éthérise à mort à la fin de la quinzième semaine.

## RANA ESCULENTA.

*Opération.* Section bilatérale de la racine du trijumeau très exactement faite.

Insensibilité parfaite sur toute la figure.

L'animal respire très bien, comme une grenouille normale. Aucune plaie sur la peau pendant tout le temps qu'elle vit.

Tuée après trois mois.

## RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale du trijumeau.

Cette fois des deux côtés le filet du facial, qui innerve le m. levator bulbi a été sectionné, la grenouille tient les yeux abaissés; ils sont recouverts par la paupière et se meuvent pendant la respiration; cette dernière s'exécute très bien et tout à fait normalement, le mouvement des narines a lieu comme d'ordinaire. Pas d'altération sur la figure, mais insensibilité complète.

Tuée à la fin du troisième mois.

Ces expériences suffisent pour démontrer que la sensibilité de la tête n'est pas indispensable pour que la res-

piration se fasse très complètement avec participation du mouvement des narines. J'ai du reste fait environ une trentaine d'expériences semblables avec le même résultat; on peut conclure avec raison que le réflexe de la respiration n'a pas pour impulsion motrice les impressions sensibles perçues par le trijumeau exclusivement.

Voyons comment il en est des autres nerfs sensibles ?

### *Section du vague.*

Le nerf vague est sensible et moteur en même temps, et il est impossible de séparer ces deux fonctions; cependant ainsi que nous l'avons vu, son action motrice n'est pas indispensable pour l'accomplissement des mouvements respiratoires; seulement le larynx restant fermé l'air ne pénètre plus dans les poumons malgré le mouvement des parois abdominales.

Ces mêmes expériences nous prouvent aussi que la sensibilité due au nerf vague peut être supprimée sans que la respiration cessât. Ce fait est facile à démontrer, car l'opération est des plus simples; je n'insisterai donc pas davantage pour le moment.

Continuons l'examen des autres racines sensibles.

Je ferai maintenant des sections en bloc de plusieurs racines sensibles à la fois.

### *Section des I, II, III racines postérieures spinales.*

#### **RANA ESCULENTA.**

*Opération.* Section bilatérale de la racine sensible de l'hypoglosse et des deux racines postérieures du nerf brachial.

Cette opération est facile à faire; elle entraîne l'insensibilité

complète d'une petite partie du cou, des deux membres antérieurs et de la peau du dos qui recouvre les omoplates et les aisselles.

La respiration chez cette grenouille se fait très normalement, tous les mouvements sans exception s'exécutent parfaitement bien, on ne remarque aucune différence d'avec une grenouille saine.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale des racines postérieures du nerf hypoglosse et du nerf brachial.

La respiration se fait tout à fait bien et très complètement; rien de particulier à noter chez cette grenouille sauf l'insensibilité complète des membres antérieurs et de la surface cutanée environnante.

Il est inutile de multiplier ici la description de ces expériences car cela serait vraiment trop monotone, elles peuvent être faites en grand nombre et sans présenter aucune difficulté.

#### *Section des IV, V, VI et VII racines postérieures spinales.*

Les IV, V et VI nerfs spinaux fournissent exclusivement les nerfs se rendant à la peau du dos et de l'abdomen, aux muscles abdominaux et aux viscères (plexus solaire).

La VII racine spinale, bien que se rendant principalement dans le nerf sciatique, forme cependant le rameau appelé Iléohypogastricus, qui se rend vers les muscles et la peau de l'abdomen.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale des IV, V, VI et VII racines postérieures spinales. Il faut avoir soin de ne pas léser les racines antérieures des mêmes nerfs.

La presque totalité de la peau du dos et de l'abdomen est insensible; tous les mouvements respiratoires s'effectuent normalement, et bien que les parois abdominales soient devenues insensibles, leurs mouvements ont lieu tout comme à l'ordinaire.



## RANA ESCULENTA.

*Opération.* Section bilatérale des racines postérieures de IV, V, VI et VII nerfs spinaux. La peau du dos et de l'abdomen est insensible dans sa presque totalité.

La respiration a lieu dans ses moindres détails très complètement. Rien de particulier à noter.

Ces deux exemples suffisent; inutile de les multiplier, les résultats étant toujours les mêmes.

Il ne nous reste plus à examiner que les nerfs qui donnent la sensibilité à la partie tout à fait postérieure du dos et de l'abdomen, ainsi qu'aux membres postérieurs.

*Section des VIII, IX et X racines postérieures spinales.*

Les VIII et IX racines spinales paraissent se rendre tout droit dans le nerf sciatique sans fournir de rameaux à la surface cutanée du dos ou de l'abdomen, mais la X racine, celle qui se rend aux cœurs lymphatiques envoie un petit filet à la partie postérieure du dos, et il me semble aussi de l'abdomen.

Cette petite X racine est excessivement mince et difficile à sectionner sans un peu d'habitude; on y parvient cependant avec un peu d'exercice.

## RANA ESCULENTA.

*Opération.* Les VIII, IX et X racines postérieures spinales sont sectionnées des deux côtés.

La peau des membres postérieurs et de l'extrémité du dos est insensible; mais, à part cela, l'animal a l'air parfaitement normal, se meut et respire très bien.

## RANA TEMPORARIA.

*Opération.* Section bilatérale de VIII, IX et X racines sensibles spinales.

La respiration s'effectue tout à fait normalement. Rien de particulier à noter.

Je m'arrête à ces deux exemples, assez démonstratifs, pour n'avoir pas besoin d'être multipliés.

Je ne donne ici, pour chaque opération, que le nombre strictement nécessaire d'exemples, bien que j'aie fait des centaines d'expériences semblables afin de bien m'assurer des résultats.

Nous avons ainsi passé en revue toutes les racines sensibles et toutes se sont montrées actives. Voyons maintenant comment s'effectuera la respiration chez les animaux dont toutes les racines sensibles du corps ont été sectionnées, sauf une seule racine sensible, et après avoir constaté l'état de la grenouille, faisons la section de cette dernière racine.

(*A suivre*).

**ÉTUDE EXPÉRIMENTALE**  
**SUR UN**  
**MOUVEMENT CURIEUX**  
**DES**  
**OVOÏDES ET DES ELLIPSOÏDES**

**PAR**  
**FÉLIX LÉCONTE**  
Professeur à Gand.

---

(Avec la Planche II.)

---

Dans cette étude je présente un œuf qui tient sur sa pointe en équilibre dynamique. C'est donc une autre solution du fameux problème de Colomb. Mais les deux solutions sont également défectueuses : celle de l'illustre navigateur, parce que l'œuf ne se tenait plus sur sa pointe, puisque celle-ci était brisée, et celle dont je vais parler parce que, comme on le verra, l'œuf ne reste pas indéfiniment sur sa pointe.

Il existe une solution adéquate et complète du pro-

blème de Colomb : on rend un œuf aussi homogène que possible en l'agitant violemment pendant longtemps. On provoque la disparition de la chambre d'air et le mélange des différentes couches. Il suffit alors de chercher à réaliser par tâtonnements les conditions de l'équilibre statique. Sans user d'aucun artifice, on parvient, en prenant comme base un plan parfaitement poli, à faire passer la verticale du centre de gravité par le point d'appui. L'équilibre est instable ; il suffit de la moindre cause pour le rompre : un souffle léger fait immédiatement basculer l'œuf. — J'ai pu réaliser cette solution avec les œufs en bois dont je parle plus loin ; les œufs en bois lourd et suffisamment homogène, le gayac et le buis par exemple, tiennent assez facilement sur leur pointe.

Voici la solution annoncée : prenons un œuf bien cuit ; plaçons-le sur un plan horizontal lisse ou sur une assiette ; et, son grand axe étant horizontal (fig. 1), imprimons-lui avec la main une rotation rapide. Rien de remarquable d'abord ; l'œuf tourne avec son grand axe horizontal ; mais au bout de quelques secondes, sans cause apparente, brusquement, l'œuf se dresse ; il continue dès lors à tourner autour de son axe de symétrie (fig. 1). Troisième phase du mouvement : l'axe de symétrie décrit dans l'espace un cône qui va s'élargissant, et l'œuf se couche sur la table pour continuer à tourner avec une vitesse décroissant jusqu'à zéro.

Voilà un fait bien simple, et qui cependant ne manque pas d'étonner profondément toutes les personnes qui l'observent pour la première fois.

Pour étudier ce phénomène, j'ai fait construire des œufs en bois, d'essences diverses et de différentes formes.

Je vais examiner successivement l'influence des divers facteurs qui interviennent dans ce mouvement.

J'ai énoncé tantôt une condition qui a pu paraître étrange : l'œuf, ai-je dit, doit être cuit. Pourquoi? Parce qu'un œuf non cuit ne se relève pas. Il est absolument impossible d'amener un œuf non cuit à se redresser sur son axe. Il y a mieux : si on lui imprime une rotation en tenant son axe verticalement, l'œuf refuse de tourner dans cette position et se couche immédiatement sur le flanc. Quelle est la cause de cette différence? C'est que la masse fluide ne prend presque pas la rotation que l'on imprime à la coquille; donc l'œuf cru ne peut pas se comporter comme une toupie; de plus, les frottements intérieurs diminuent plus rapidement la force vive.

On sait que les œufs renferment, du côté du gros bout, une chambre à air, formée par l'écartement du feuillet interne de la membrane coquillière et du feuillet externe de la même membrane fibrillaire réticulée. Lorsqu'on fait tourner un œuf non cuit, toute la masse fluide intérieure réagit par inertie, en même temps que la chambre d'air permet des ballottements de cette masse. Il se produit des frottements considérables et des chocs qui absorbent la plus grande partie de la force vive communiquée au système. Aussi, le mouvement de rotation ne dure pas longtemps, et l'œuf ne montre pas la moindre tendance au relèvement.

Voici comment j'ai pu démontrer l'influence de ces frottements intérieurs : j'ai pris un œuf en buis, pesant 52 gr. 82, percé d'une ouverture cylindrique, et se dressant facilement dans les conditions ordinaires : j'ai enfermé dans l'ouverture cylindrique une certaine quantité de mercure, et j'ai fixé aux extrémités du cylindre

des bouchons en liège de 10<sup>mm</sup> de longueur. L'œuf dont il s'agit est représenté en coupe fig. 2 ; son grand axe était de 58,5<sup>mm</sup>, de sorte que le mercure pouvait s'ébattre dans un espace cylindrique de 10<sup>mm</sup> de diamètre et de 38,5<sup>mm</sup> de longueur. Le volume du mercure introduit remplissait le cylindre sur une hauteur de 15<sup>mm</sup> environ. Dès qu'un pareil système est mis en mouvement, on entend le clapotement du mercure dans le creux intérieur ; le mouvement se ralentit rapidement, et l'œuf ne se redresse pas.

Si l'on met de l'eau dans l'ouverture cylindrique, le relèvement se produit comme s'il n'y avait rien. C'est que la masse du liquide est négligeable par rapport à la masse du buis ; les frottements et les chocs sont insignifiants. Avec la grenaille de plomb, il en est autrement : il suffit d'introduire dans le creux 10 grains pesant ensemble 5 gr. 58 pour empêcher le redressement. Ajoutons ici, pour les analystes, que si l'on force la même masse de plomb à occuper dans le cylindre une position fixe, en comblant les vides avec de la moelle de sureau, l'œuf se redresse en général avec une grande facilité ; ce n'est donc pas l'augmentation de poids qui l'empêche de se redresser, ce sont bien les frottements intérieurs.

On peut donner une preuve bien plus jolie encore de la réalité de cette cause. Un œuf ordinaire non cuit tourne, son grand axe restant horizontal, pendant 90 secondes avec l'impulsion habituelle à la main. Pratiquons aux deux extrémités de petites ouvertures, deux trous d'épingle. Ensuite, aspirons une certaine quantité du liquide visqueux ; l'espace rempli de gaz est plus grand à l'intérieur de l'œuf, c'est-à-dire que les ballottements de la masse restante sont favorisés ; l'inertie de la masse fluide

produira plus facilement ses effets ; la perte d'énergie par frottements et par chocs sera plus considérable. En effet, avec l'impulsion ordinaire, l'œuf ne tourne plus que pendant 55 secondes, sans se redresser. Nous pourrions faire décroître encore la durée de la rotation, en diminuant la quantité de liquide ; elle descend jusqu'à 30 secondes. Enfin, lorsque l'œuf est entièrement vide, c'est-à-dire lorsque l'on fait tourner non plus un œuf, mais une coquille d'œuf, le redressement s'exécute d'une façon remarquable et la rotation dure 90 secondes. Nous avons affaire alors à un solide invariable.

Je n'ai pas l'intention d'entretenir le lecteur de tout ce que l'on peut faire avec des œufs cuits ou pas cuits : je me permettrai cependant de dire un mot de ce que nos cordons bleus appellent un œuf mollet. Nous allons rencontrer ici un artifice culinaire bien inattendu. — Énoncé du problème : « L'œuf mollet se redressera-t-il ? » Une réflexion de quelques secondes amène sur les lèvres la réponse négative : l'œuf mollet ne se redresse pas, puisqu'il contient une matière encore fluide. Voilà donc trouvé absolument par hasard un criterium culinaire que je garantis infaillible. On peut juger du degré de cuisson d'un œuf en le faisant tourner : s'il est mollet, il ne se redresse jamais ; s'il est cuit dur, il se redresse toujours.

Il ne faut pas même que la masse soit symétriquement distribuée pour que la rotation se produise autour de l'axe géométrique de symétrie. En effet, on sait que le centre du jaune ne se trouve presque jamais sur l'axe. La fig. 3 indique les dimensions moyennes dans la coupe méridienne d'un œuf de poule cuit. Or le poids spécifique du blanc cuit = 1,197 et le poids spécifique du jaune

cuit = 1,132 ; différence 0,065. Il est donc évident que l'axe de symétrie de l'œuf ne contient pas le centre de gravité du système. Encore une fois, la reproduction artificielle de cette particularité a parfaitement réussi.

J'ai muni un œuf en hêtre (p. sp. 0,840) creusé d'une ouverture cylindrique, d'un petit canal latéral (fig. 4) ; l'œuf se dressait très bien. J'ai rempli le cylindre latéral au moyen de 3 balles de plomb (p, sp. 11,3) ; l'œuf se dressait encore et tournait rond, comme auparavant ; il était cependant tout à fait décentré.

Lorsqu'on fait tourner l'œuf en le tenant d'abord horizontalement, il y a perte d'énergie par suite du redressement : le centre de gravité s'élève ; mais la force vive ainsi dépensée est restituée intégralement lors de l'abaissement du centre de gravité. Lorsqu'on lance l'œuf verticalement dès l'abord (fig. 5, b), il y a acquisition de force vive quand le solide s'abaisse. Il semble donc que la durée de la rotation doive être plus grande dans ce dernier cas. Il n'en est rien ; l'expérience donne des durées totales de rotation à très peu près identiques. Cela résulte probablement de ce que les points d'application des percussions qui déterminent la rotation sont plus éloignés lorsque l'ellipsoïde est horizontal (voyez fig. 5). Il nous est d'ailleurs impossible de donner des chiffres relatifs à cette étude : pour des rotations produites dans des conditions aussi identiques que possible, de nombreuses expériences ont donné des variations de durée atteignant 18 %<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> La vitesse de rotation de l'ovoïde augmente en même temps que l'axe devient vertical ; en effet, la force vive du système est très peu variable pendant un temps court ;  $\omega^2 \rho$  étant constant et  $\rho$  étant plus petit quand l'axe est vertical,  $\omega$  doit être plus grand.



La durée de rotation est à peu près la même, que l'on emploie des œufs en bois ou en métal. La force vive imprimée avec les mains ne dépasse pas une certaine limite : dans le cas du métal, la masse étant considérable, il faut que la vitesse soit faible. Il est en effet difficile d'amener un œuf en fonte à se redresser. Au contraire, l'œuf en bois qui a servi de moule au précédent se dresse avec une extrême facilité. La durée moyenne de rotation des ovoïdes en bois est de 90 secondes.

Mais voici un point délicat : un œuf semble se dresser plus volontiers sur son gros bout. Pourquoi ? Je crois que cela serait difficile à expliquer. On pourrait croire à une tendance personnelle, une impulsion inconsciente imprimée à l'œuf. Il est facile de répondre à cette objection et d'éliminer cette cause. Il suffit (fig. 6) de faire tourner l'œuf en prenant le gros bout tantôt à gauche, tantôt à droite ; une impulsion involontaire se manifesterait par le redressement alternatif sur le gros bout et sur le fin bout. Ces précautions étant prises, un œuf en bois se dresse sur son fin bout une fois sur dix.

Gardons-nous de croire que nous pourrions forcer l'œuf à se dresser sur tel côté qu'il nous plaira : nous pouvons lui donner une inclinaison vers le fin bout (fig. 7) ; l'œuf n'en tiendra pas compte, et, par une volte-face cavalièrement exécutée, se dressera sur le gros bout.

Si nous nous reportons à la fig. 3, nous verrons que le gros bout, qui contient la chambre à air et la plus

— L'acquisition d'énergie pendant la descente du centre de gravité me semble être dénotée par un accroissement de vitesse ; cet effet n'est qu'instantané, car le  $q$  devenant plus grand, l'effet inverse se produit.

grande partie du jaune, est spécifiquement plus léger que le fin hout. Serait-ce la cause cherchée ? J'ai examiné la question expérimentalement. J'ai pris un œuf en buis de Turquie (p. sp. 1,057, poids 52 gr. 82, longueur du grand axe 58<sup>mm</sup>5; diamètre du cercle max. 42<sup>mm</sup>3), percé d'une ouverture cylindrique suivant l'axe de 11<sup>mm</sup> de diamètre et se dressant sur le gros bout dans les conditions ordinaires. J'ai placé vers le gros bout (fig. 8, a) 19 sphères de plomb pesant ensemble 5 gr. 58; le cylindre fut rempli avec de la moelle de sureau et des bouchons; deux punaises de dessinateur furent piquées dans les bouchons pour servir de pivots. Mis en mouvement, l'œuf refusa de se dresser sur son gros bout; il tourna en restant incliné (fig. 9). Au contraire, il tourna parfaitement sur le fin bout, mais moins fréquemment. — La masse de plomb étant placée au milieu du trou cylindrique (fig. 8, b), l'œuf tourna indifféremment sur les deux bouts. — Enfin, la même masse de plomb étant portée vers le fin bout (fig. 8, c), l'œuf se releva sur le gros bout et tourna parfaitement rond. Le relèvement sur le fin bout devint très rare. En résumé, le phénomène est donc le même qu'avec un œuf naturel : l'œuf se dresse sur son gros bout et tourne bien lorsque le fin bout est plus lourd que l'autre. On ne peut pas alourdir ce bout outre mesure; il y a une limite au delà de laquelle l'œuf ne tourne plus rond.

Il est curieux que, malgré les différences qui doivent exister entre les œufs naturels, ceux-ci se trouvent toujours dans les conditions voulues pour tourner régulièrement; tous les œufs cuits se dressent, et presque toujours sur le gros bout.

Il résulte des observations précédentes qu'un œuf

d'une forme particulière, présentant une masse considérable à son gros bout (fig. 10), ne se dressera pas sur ce gros bout, mais présentera un mouvement conique. Au contraire il tournera rond quand il se relèvera sur le fin bout; c'est à peu près le cas de la toupie ordinaire. J'ai pu vérifier ces déductions avec un œuf en porcelaine dont la courbe méridienne présentait l'aspect de la fig. 10.

Il est presque superflu d'ajouter que tous les corps invariables ayant la forme ovoïdale présentent les phénomènes décrits précédemment; tels sont les œufs naturels, grands et petits; les œufs artificiels en bois, plâtre, marbre; les étuis à chapelets, les œufs en chocolat, sucre, etc. Tels sont aussi les ellipsoïdes de révolution; un ellipsoïde, mis en rotation à la main, se dresse sur son grand axe.

J'ai fait construire un ellipsoïde très allongé. Son grand axe a  $73^{\text{mm}}$  et son petit axe  $29^{\text{mm}}$  (fig. 11). Cet ellipsoïde se dresse comme les autres. Il est curieux de voir ce corps si long se dresser presque subitement sur un de ses sommets pour continuer à tourner. — Un ellipsoïde plus long encore (grand axe =  $80^{\text{mm}}$  et petit axe =  $20^{\text{mm}}$ ) refuse de se dresser complètement. Il se soulève cependant, et tourne en tenant son centre de gravité à une certaine distance du point d'appui (fig. 12). Dans la dernière phase du mouvement, quand la vitesse est devenue trop faible, ces ellipsoïdes descendent graduellement vers le plan. Dans ce mouvement, le centre de gravité se meut suivant une verticale.

#### APPLICATIONS

Je me sers des propriétés précédemment décrites pour

produire la recombinaison de la lumière blanche. Je partage la surface de l'ellipsoïde ou de l'ovoïde en fuseaux par des plans méridiens (fig. 13); il y a 7 ou 14 fuseaux, portant dans l'ordre naturel les couleurs fondamentales; on peut en faire aussi portant deux couleurs complémentaires sur des fuseaux voisins. Au commencement de la rotation, le grand axe étant horizontal, les couleurs apparaissent successivement distinctes; mais dès que le solide s'est dressé, les couleurs se combinent en vertu de la persistance des impressions sur la rétine, et le font paraître gris blanc. Pour faire ressortir la teinte blanche, il suffit de peindre en noir les extrémités de ces pièces.

2<sup>me</sup> appareil (fig. 14). On perce dans un œuf en bois, de dimensions ordinaires, un trou cylindrique suivant l'axe, et latéralement un deuxième trou cylindrique plus petit. Dans le grand cylindre on loge un ressort à boudin repoussant un bonhomme; le bonhomme est retenu à l'intérieur de l'œuf par une tige guidée *a b*, tirée dans le sens *b a* par un autre ressort. Pendant que l'œuf tourne avec son grand axe horizontal, il n'y a pas de cause de mouvement dans ces mécanismes. Mais dès que l'œuf s'est relevé, une masse de plomb *b* fixée à l'extrémité de la tige *a b* agit par l'effet de la force centrifuge, comprime le ressort, tire la tige et déclanche le bonhomme, qui surgit par l'ouverture supérieure.

3<sup>me</sup> appareil (fig. 15). L'œuf est traversé complètement par une ouverture cylindrique. On y loge une tige guidée, présentant une pointe triangulaire en bas, et articulée en *a* à un levier coudé dont *b* est le point fixe. Lorsque l'œuf s'est dressé, son poids agit comme si on refoulait la pointe *p* à l'intérieur de l'œuf; le levier fonctionne, et le ressort est mis en liberté. Il pousse hors du cylindre,

comme dans le cas précédent, un bonhomme ou un magot quelconque.

En terminant, je suis heureux de pouvoir présenter ici l'expression de toute ma gratitude à MM. les professeurs Massau et Schoentjes, pour les précieux conseils qu'ils ont bien voulu me donner au cours de cette étude.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

## PHYSIQUE

**OTTO WIENER. STEHENDE LICHTWELLEN, etc... ONDES STATIONNAIRES LUMINEUSES ET DIRECTION DE LA VIBRATION DE LA LUMIERE POLARISÉE. (*Wiedem. Ann.*, 1890, t. XL, p. 203.)**

**M. Wiener** vient de publier dans les *Annales de Wiedemann* un travail très remarquable qui ne manquera pas d'exciter à un haut degré l'attention des physiciens, et que nous tenons à signaler à nos lecteurs en nous bornant pour le moment à en indiquer les grands traits.

Il a, par un ingénieux procédé photographique, constaté aussi pour la lumière, les ondes stationnaires que **M. Hertz** a réalisées par la réflexion normale de l'onde électrique contre un grand miroir métallique<sup>1</sup>. Admettant l'existence de ces ondes stationnaires dans l'espace situé en avant d'un miroir contre lequel se réfléchit normalement un rayon lumineux, on peut considérer cet espace comme partagé par des plans équidistants, parallèles entre eux et au miroir, alternativement lumineux (ventres) et obscurs (nœuds). Les intersections de ces derniers avec

<sup>1</sup> *Wied. Ann.*, 1888, t. XXXIV, p. 609.

un plan normal au miroir formeraient donc autant de traits noirs distants d'une demi-longueur d'onde, c'est-à-dire beaucoup trop rapprochés pour pouvoir être distingués les uns des autres. Mais plus ce plan d'investigation sera écarté de la normale au miroir plus les lignes d'intersection s'éloigneront les unes des autres, et lorsqu'il ne formera plus avec le miroir qu'un angle infinitésimal les traits nodaux arriveront à présenter des écartements de près de  $1^{\text{mm}}$ . Pour les rendre visibles, M. Wiener prépare des lames photographiques sensibles dont l'épaisseur n'est qu'une petite fraction de la longueur d'onde lumineuse considérée, et les applique contre un miroir de façon à ce qu'amenées au contact avec ce miroir à une de ses extrémités elles n'en soient écartées à l'autre que de  $\frac{\lambda}{2}$  environ.

Du collodion dilué 15 à 20 fois par un mélange d'alcool et d'éther et étendu en couche très mince entre deux plaques de verre donne ensuite par évaporation sur une de ces plaques une lame sensible, parfaitement transparente et homogène dont l'épaisseur mesurée optiquement est  $\frac{1}{100} \lambda$  D. Appliquée comme il a été dit contre un miroir d'argent bien poli, exposée pendant quelques minutes dans un rayon de lumière à peu près monochromatique, ou dans un spectre réfléchi normalement par le miroir, puis développée et soumise à un renforcement spécial, cette plaque présente un réseau de raies équidistantes, transparentes sur le cliché, noires sur l'épreuve positive et qui ne sont autres que les lignes nodales, considérablement éloignées les unes des autres ( $\frac{1}{2}$  à  $2^{\text{mm}}$  environ) par la très grande distance angulaire que la plaque sensible fait avec la normale au miroir. Le mémoire est accompagné d'une planche reproduisant en phototypie les épreuves de quelques-uns des clichés ainsi obtenus, et dont l'inspection est du plus haut intérêt.

L'image obtenue par l'exposition dans un spectre de diffraction et avec un intervalle entre le miroir et la lame sensible en forme de coin régulier à faces planes, présente des traits rectilignes; si le spectre est produit par un prisme

et que l'intervalle ait la forme d'un coin à faces courbes, les traits sont plus ou moins incurvés.

L'auteur montre par des expériences de contrôle dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, qu'il s'agit bien dans ses clichés d'ondes stationnaires produites par la réflexion normale sur le miroir et pas d'interférences simples produites par réflexion sur les différentes surfaces en présence.

Assuré de ce procédé opératoire, M. Wiener a cherché à trancher le point controversé de la différence absolue de phase entre les deux rayons incidents et réfléchis. Pour cela il applique sa lame sensible contre une lentille très faiblement convexe, noircie sur sa face postérieure, de telle sorte qu'il y ait contact intime entre elles; soumise à la lumière monochromatique normale puis développée, la plaque sensible présente des ondes alternativement claires et obscures dont le centre est obscur dans l'épreuve positive indiquant l'existence d'un *nœud sur la surface réfléchissante*. *La réflexion lumineuse a donc lieu avec changement de signe à la surface de réflexion*, conformément à la théorie de Fresnel.

D'autres expériences, enfin, dans lesquelles deux ondes lumineuses polarisées rectilignement étaient amenées à se croiser à angle droit, ont montré qu'il se produit une interférence entre elles lorsque leurs plans de polarisation coïncident, mais pas lorsque leurs plans de polarisation sont perpendiculaires l'un sur l'autre. D'où il suit que les vibrations chimiquement actives produites par une onde lumineuse polarisée rectilignement sont perpendiculaires au plan de polarisation de celle-ci; et d'une manière générale en admettant que les vibrations du milieu, siège de la lumière, produisent des vibrations de même direction, dans les particules des corps au sein desquels se produisent les actions photographiques, que *les vibrations d'une onde lumineuse rectilignement polarisée sont perpendiculaires à son plan de polarisation*, comme le veut aussi la théorie de Fresnel.

Rapprochant ses résultats de la théorie électro-magnétique



de la lumière, l'auteur conclut enfin de ses recherches que l'action chimique d'une onde lumineuse polarisée rectilignement est due au jeu des ondulations électriques, et non aux ondulations magnétiques.

E. S.

---

H. RUBENS et R. RITTER. UEBER DAS VERHALTEN VON DRAHTGITTERN, etc. DE L'ACTION QUE LES RÉSEAUX DE FILS CONDUCTEURS EXERCENT SUR LES ONDULATIONS ÉLECTRIQUES. (*Wiedem. Ann.*, 1890, t. XL, p. 55).

MM. H. Rubens et R. Ritter ont repris les expériences de M. Hertz sur la polarisation des rayons de force électrique par des réseaux de fils conducteurs parallèles <sup>1</sup> et cela en remplaçant l'observation de l'étincelle dans les conducteurs secondaires par l'emploi du bolomètre de MM. Paalzow et Rubens <sup>2</sup>. Ils ont confirmé par cette méthode les résultats énoncés par M. Hertz, c'est-à-dire que le réseau laisse passer à peu près complètement une ondulation perpendiculaire à la direction des fils, absorbe au contraire complètement une ondulation parallèle à cette direction et enfin décompose une ondulation de direction oblique, laissant passer la composante perpendiculaire aux fils, tandis qu'il arrête celle qui leur est parallèle. Ils ont aussi étudié l'action du réseau comme écran réflecteur. Lorsque l'ondulation électrique est parallèle aux fils elle est à peu près intégralement réfléchie, dans le cas d'une position oblique il en est de même de la composante qui n'est pas transmise par le réseau.

E. S.

<sup>1</sup> *Archives*, 1889, t. XXI, p. 304; *Wiedem. Ann.*, 1888, t. XXXVI; *Journal de Physique*, 1889, 2<sup>me</sup> pér., t. VIII, p. 132.

<sup>2</sup> *Wied. Ann.*, 1889, t. XXXVII, p. 529.

**R. RITTER. BEMERKUNG ZU DEN HERTZ'SCHEN VERSUCHEN, etc...**

**REMARQUES SUR LES EXPÉRIENCES DE M. HERTZ RELATIVES AUX RAYONS DE FORCE ÉLECTRIQUE. (*Wiedem. Ann.*, 1890, t. XL, p. 53).**

L'auteur a réussi à mettre en évidence, au moyen de la grenouille, la décharge qui se produit dans un conducteur secondaire de M. Hertz. Pour cela il relie à l'aide d'un mince fil conducteur l'un des deux pôles de l'interruption du résonateur à l'un des deux cordons nerveux qui courent de part et d'autre de l'épine dorsale de la grenouille préalablement sectionné et proprement préparé. Cela étant dès que les étincelles jaillissent dans l'interruption du résonateur, la patte correspondante au nerf en contact subit des contractions rapides. On peut ainsi démontrer de jour et à un nombreux auditoire l'action électrique à distance qui se produit dans le conducteur secondaire.

E. S.

---

**L. BOLTZMANN. UEBER DIE HERTZ'SCHEN VERSUCHE. SUR LES EXPÉRIENCES DE M. HERTZ. (*Wiedem. Ann.*, 1890, t. XL, p. 399).**

Pour démontrer à un nombreux auditoire la décharge qui se produit dans le conducteur secondaire de M. Hertz l'auteur relie l'un des pôles de l'interruption de ce conducteur, celui qui est arrondi, à un électroscope sensible; l'autre, la pointe de la vis micrométrique, à une pile sèche (200 volts environ de tension) reliée à la terre. Dès que les étincelles jaillissent dans l'interruption du résonateur elles y forment un pont conducteur qui relie la pile à l'électroscope et font agir celui-ci. Pour que l'expérience soit bien visible il suffit de 3

ou 4 étincelles du primaire. Le poli des boules entre lesquelles jaillit l'étincelle primaire ne subit donc que peu d'altération et l'intensité du phénomène reste par ce fait longtemps constante.

E. S.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JUILLET 1890

Le 1<sup>er</sup>, fort vent jusqu'à 1 h. du soir; à 5 h. 45 m. du soir, éclairs et tonnerres à l'W.; l'orage passe rapidement au zénith et poursuit sa course vers l'E.; grêlons pendant 1 minute à 5 h. 51 m. Nouvel orage au SW. à 7 h. 18 m. du soir.

4, éclairs au N. à 9 h. du soir, puis un peu dans toutes les directions.

5, éclairs et tonnerres à l'W. à 7 h. 48 m. du matin.

10, fort vent à 10 h. du matin; tonnerres à l'W. à 6 h. 30 m. du soir, puis à l'W. à 7 h. 20 m.

15, très forte rosée le matin; éclairs à l'WNW. à 9 h. du soir, puis à l'W et au S.

16, rosée le matin; éclairs au N. à 10 h. du soir.

17, très forte rosée le matin.

20, forte bise à une heure du soir.

21, forte bise à 1 h. et à 7 h. du soir.

22, forte rosée le matin.

27, rosée le matin.

29, tonnerres à l'WNW. à 1 h. 30 m. du soir; éclairs et tonnerres à l'E. à 7 h. 36 m.; différents orages se succèdent dans la soirée, jusqu'après 10 h., un peu dans toutes les directions, mais surtout à l'W.

30, rosée le matin.

31, très forte rosée le matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 10 h. soir.....	728,00	Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. matin.....	718,20
7 à 3 h. soir.....	730,00	5 à 6 h. matin.....	719,87
14 à 4 h. matin.....	729,53	11 à midi.....	722,04
16 à 9 h. matin.....	728,88	15 à 6 h. soir.....	726,76
18 à 10 h. soir.....	729,80	17 à 5 h. soir.....	724,13
22 à 9 h. matin.....	732,47	20 à 3 h. matin.....	726,37
25 à 9 h. soir.....	728,70	24 à 6 h. soir.....	726,80
31 à 7 h. matin.....	730,78	28 à 6 h. soir.....	725,69

Mars du mois.	Baromètre.				Température C.				Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige				Vent dominant.		Sensibilité		Temp. du Rhéom.		Linnéaire à 4 h.	
	Hauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Dir.	Force.	Dir.	Force.	Dir.	Force.	Dir.	Force.	Dir.	Force.	Dir.
1	719.91	- 7.45	718.20	722.70	- 14.32	- 4.00	+ 9.8	+ 17.9	734	+ 45	490	900	9.1	3	SSW.	2	0.95	17.0	0	+0.1	457.2	cm		
2	725.35	- 1.84	723.00	727.73	- 15.39	- 2.69	+ 12.2	- 20.4	599	- 89	460	770	0.5	1	S.	1	0.95	10.0	0	- 7.0	439.5	cm		
3	727.35	- 0.06	726.85	728.00	- 17.44	- 0.93	+ 13.4	- 22.3	640	- 47	480	900	3.4	2	SW.	1	1.00	10.2	0	- 6.9	460.5	cm		
4	725.20	- 2.24	722.26	727.85	- 19.87	+ 1.47	+ 13.9	- 26.7	630	- 36	470	780	0.0	...	SW.	1	0.48	11.0	0	- 6.2	460.0	cm		
5	721.36	- 6.10	719.87	723.75	- 15.41	- 3.04	+ 12.5	- 19.5	747	+ 62	700	830	24.9	15	SSW.	1	0.90	12.5	0	- 4.7	460.5	cm		
6	724.84	- 2.65	723.81	726.93	- 13.61	- 4.89	- 9.8	+ 18.9	614	+ 71	450	760	0.4	...	SW.	1	0.90	...	0	...	465.0	cm		
7	728.92	+ 1.41	726.80	730.00	- 13.83	- 4.71	+ 9.3	+ 18.9	638	- 46	480	840	...	...	variable	...	0.58	12.3	0	- 5.1	466.0	cm		
8	727.55	+ 0.01	727.02	728.73	- 13.98	- 4.61	+ 7.8	+ 18.8	706	+ 23	470	970	0.0	...	SW.	1	1.00	12.5	0	- 5.0	464.9	cm		
9	727.92	+ 0.36	726.88	728.82	- 20.15	+ 1.52	+ 13.5	+ 25.9	616	+ 66	450	830	0.3	...	SSW.	1	0.75	14.0	0	- 3.6	464.7	cm		
10	726.45	- 1.43	725.14	727.43	- 21.04	+ 2.37	+ 16.1	- 26.5	664	+ 18	450	910	7.3	2	SSW.	1	0.93	14.3	0	- 3.3	464.0	cm		
11	722.92	- 4.68	722.01	724.77	- 16.94	+ 1.76	+ 12.9	- 21.0	779	+ 98	630	960	2.0	4	variable	...	1.00	12.4	0	- 5.3	460.0	cm		
12	723.75	- 3.88	722.06	725.39	- 12.56	- 6.47	+ 10.5	- 15.1	834	+ 154	650	970	3.8	7	NNE.	1	0.98	12.6	0	- 5.2	458.7	cm		
13	727.30	- 0.35	725.41	729.44	- 14.78	- 3.98	+ 10.7	- 19.4	634	- 46	380	800	...	...	NNE.	1	0.30	...	0	...	458.0	cm		
14	728.83	+ 1.16	727.60	729.53	- 15.86	- 2.93	+ 7.9	- 22.2	676	+ 3	400	940	...	...	NNE.	1	0.00	15.8	0	- 2.1	455.5	cm		
15	728.15	+ 0.46	726.76	729.09	- 18.33	- 0.68	+ 10.7	- 23.0	721	+ 42	480	980	...	...	calme	...	0.43	16.2	0	- 1.8	455.3	cm		
16	728.21	+ 0.50	727.27	728.88	- 20.59	+ 1.76	+ 16.4	- 25.2	700	+ 22	470	780	...	...	N.	1	0.20	17.7	0	- 0.3	451.0	cm		
17	726.66	- 1.07	724.43	728.29	- 21.12	+ 2.27	+ 14.4	- 25.5	704	+ 26	410	980	...	...	N.	1	0.02	19.2	0	+ 1.1	453.0	cm		
18	728.03	+ 0.29	726.34	729.80	- 20.26	+ 1.39	+ 16.3	- 24.5	675	+ 3	380	740	...	...	SSW.	1	0.83	19.5	0	+ 1.3	451.0	cm		
19	728.26	+ 0.50	727.52	729.29	- 17.49	- 1.39	+ 13.7	- 21.9	684	+ 6	440	820	0.3	...	SSW.	1	0.98	17.5	0	- 0.7	450.2	cm		
20	727.68	+ 0.10	726.37	728.97	- 15.53	- 3.36	+ 12.2	- 18.3	694	+ 17	460	950	3.6	5	NNE.	1	0.78	...	0	...	452.0	cm		
21	729.62	+ 1.83	728.50	731.58	- 14.84	- 4.03	+ 11.8	- 18.7	611	- 38	370	780	...	...	NE.	1	0.82	15.3	0	- 3.0	453.0	cm		
22	731.61	+ 3.80	730.78	732.47	- 15.52	- 3.38	+ 8.2	- 23.2	639	- 38	370	950	...	...	N.	1	0.05	15.5	0	- 2.9	453.5	cm		
23	731.42	+ 3.30	730.24	731.84	- 18.08	- 0.82	+ 14.7	- 23.9	671	- 13	430	770	...	...	NNW.	1	0.45	17.3	0	- 1.1	445.5	cm		
24	728.52	+ 0.68	726.80	730.34	- 18.59	- 0.30	+ 10.5	- 26.9	665	- 29	430	920	...	...	N.	1	0.02	17.7	0	- 0.7	446.7	cm		
25	728.00	+ 0.15	727.44	728.70	- 18.17	- 0.72	+ 10.9	- 25.0	669	- 22	450	900	...	...	NNE.	1	0.33	18.7	0	+ 0.2	446.7	cm		
26	727.93	+ 0.07	727.25	728.39	- 18.14	- 0.74	+ 11.7	- 23.9	686	- 29	450	870	...	...	N.	1	0.33	19.0	0	+ 0.5	446.0	cm		
27	727.63	- 0.21	726.82	728.33	- 18.27	- 0.60	+ 12.3	- 24.3	700	+ 22	450	840	...	...	N.	1	0.47	...	0	...	446.0	cm		
28	727.41	- 0.78	725.69	728.14	- 21.39	- 2.54	+ 13.1	- 29.7	576	+ 103	240	870	0.8	11	SW.	1	0.38	19.3	0	+ 0.7	444.0	cm		
29	727.11	- 0.79	726.16	727.77	- 22.27	- 3.43	+ 18.1	- 28.3	643	+ 36	450	770	...	...	calme	...	0.93	19.6	0	+ 1.0	444.5	cm		
30	728.28	+ 0.37	727.55	729.52	- 20.56	- 4.74	+ 15.2	- 27.3	714	+ 26	440	950	...	...	N.	1	0.20	20.7	0	+ 2.0	442.9	cm		
31	729.86	+ 1.94	729.14	730.78	- 20.20	+ 1.41	+ 12.2	- 26.5	655	- 26	360	930	...	...	N.	1	0.03	21.0	0	+ 2.3	443.5	cm		
Mois	727.15	- 0.50			- 17.57	- 1.24			674	- 5							0.56	15.88	- 2.21	154.17				

## MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 725.61	<sup>mm</sup> 725.23	<sup>mm</sup> 725.49	<sup>mm</sup> 725.55	<sup>mm</sup> 725.54	<sup>mm</sup> 725.30	<sup>mm</sup> 725.32	<sup>mm</sup> 726.00
2 <sup>e</sup> »	729.91	726.76	727.17	727.17	726.93	726.58	726.77	727.53
3 <sup>e</sup> »	728.91	728.76	729.32	729.20	728.62	728.18	728.29	729.10
Mois	727.20	726.98	727.39	727.37	727.08	726.74	726.84	727.59

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	+14.19 <sup>°</sup>	+13.15 <sup>°</sup>	+15.49 <sup>°</sup>	+18.59 <sup>°</sup>	+18.95 <sup>°</sup>	+19.34 <sup>°</sup>	+17.19 <sup>°</sup>	+15.18 <sup>°</sup>
2 <sup>e</sup> »	+15.08	+13.71	+16.89	+18.39	+19.74	+19.93	+18.48	+16.55
3 <sup>e</sup> »	+14.56	+13.15	+17.06	+20.11	+22.97	+23.20	+20.99	+17.80
Mois	+14.61	+13.33	+16.50	+19.07	+20.63	+20.90	+18.96	+16.55

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	743	783	684	545	572	536	670	733
2 <sup>e</sup> »	837	896	775	618	582	577	663	732
3 <sup>e</sup> »	778	843	743	603	486	475	578	715
Mois	786	841	734	589	545	527	635	733

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Lumière
1 <sup>re</sup> décade	+ 11.80 <sup>°</sup>	+ 21.58 <sup>°</sup>	+ 12.64 <sup>°</sup>	0.84	<sup>mm</sup> 45.9	<sup>cm</sup> 162.23
2 <sup>e</sup> »	+ 12.57	+ 21.61	+ 16.36	0.52	9.7	154.47
3 <sup>e</sup> »	+ 12.25	+ 25.25	+ 18.44	0.34	0.8	146.57
Mois	+ 12.21	+ 22.79	+ 15.88	0.56	56.4	154.17

Dans ce mois l'air a été calme 27,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,09 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 60°,5, W. et son intensité est égale à 10,9 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1890

- 
- Le 1<sup>er</sup>, légère neige à 7 h. du matin et à 10 h. du soir; fort vent jusqu'à 7 h. du matin et à 4 h. du soir.
- 2, brouillard depuis 10 h. du soir.
- 3, brouillard à 7 h. du soir.
- 4, fort vent à 4 h. du soir.
- 5, fort vent jusqu'à 1 h. du soir; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; pluie à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
- 6, neige dans la nuit et à 4 h. du soir; brouillard jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
- 7, neige dans la nuit; brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
- 8, brouillard à 4 h. du soir.
- 10, légère pluie à 1 h. du soir.
- 11, fort vent à 1 h. du soir; pluie à 7 h. et à 10 h. du soir.
- 12, forte bise tout le jour; neige jusqu'à 4 h. du soir, puis brouillard.
- 13, forte bise jusqu'à 4 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.
- 18, fort vent à 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
- 19, brouillard à 7 h. du soir.
- 20, brouillard pendant tout le jour.
- 21, brouillard pendant tout le jour.
- 22, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; forte bise à 1 h. du soir.
- 23, forte bise jusqu'à 10 h. du matin; brouillard à 4 h. du soir.
- 25, fort bise à 4 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.
- 26, brouillard de 1 h. à 7 h. du soir.
- 27, brouillard depuis 10 h. du soir.
- 29, brouillard depuis 10 h. du soir.



*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4 à 10 h. matin .....	567,62	Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. matin .....	560,45
9 à 10 h. soir .....	569,59	5 à 5 h. soir .....	561,10
15 à 9 h. soir .....	572,40	12 à 7 h. soir .....	560,59
23 à 9 h. soir .....	570,95	21 à 4 h. matin .....	565,10
28 à 11 h. soir .....	570,35	26 à 4 h. matin .....	567,50
		29 à 5 h. soir .....	569,10

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur des 24 heures. millim.	Écart avec la hauteur normale. millim.	Minimum observé au barographe millim.	Maximum observé au barographe millim.	Moyenne des 24 heures. °	Écart avec la température normale. °	Minimum absolu. °	Maximum absolu. °		
1	560.92	- 6.95	560.45	561.73	0.74	- 4.66	- 4.5	+ 4.8	SW.	0.58
2	564.43	- 3.50	562.60	566.20	2.02	- 3.44	- 1.8	+ 5.6	NE.	0.50
3	566.59	- 3.39	565.70	567.55	3.44	- 2.08	+ 0.4	+ 6.8	NE.	0.67
4	567.06	- 0.97	565.90	567.62	6.35	+ 0.77	+ 2.0	+ 10.5	variable	0.30
5	562.79	- 5.29	561.10	565.80	2.87	- 2.77	+ 1.9	+ 5.0	SW.	1.00
6	562.38	- 5.75	561.40	563.85	2.14	- 7.81	- 3.9	+ 0.2	NE.	1.00
7	565.70	- 2.48	563.89	567.74	1.90	- 7.65	- 3.8	+ 0.2	NE.	0.50
8	567.16	- 1.07	566.10	567.95	1.92	- 3.88	+ 0.6	+ 4.0	NE.	0.67
9	568.86	+ 0.59	568.15	569.59	7.92	+ 4.37	+ 1.7	+ 12.0	variable	0.18
10	568.21	- 0.10	566.95	568.95	5.45	- 0.45	+ 3.8	+ 9.0	SW.	0.43
11	564.07	- 4.28	562.25	566.75	5.07	- 0.88	+ 0.0	+ 9.0	SW.	0.65
12	561.10	- 7.29	560.69	561.97	2.15	- 8.14	- 3.2	+ 1.5	NE.	1.00
13	564.49	- 3.94	560.85	568.30	0.48	- 6.51	- 2.7	+ 3.9	NE.	0.43
14	569.48	+ 1.04	568.15	571.43	7.94	+ 4.87	+ 1.0	+ 10.6	NE.	1.00
15	571.67	+ 3.16	571.00	572.40	12.37	+ 6.26	+ 7.6	+ 17.5	NE.	1.00
16	571.28	- 2.73	570.85	572.23	10.39	+ 4.25	+ 5.6	+ 15.5	NE.	0.17
17	570.89	- 2.34	570.18	571.60	11.62	+ 5.45	+ 6.8	+ 16.3	SW.	0.03
18	569.58	+ 0.97	568.83	570.70	8.60	+ 2.40	+ 3.8	+ 14.0	SW.	0.55
19	567.99	- 0.65	567.53	568.80	5.15	- 4.08	+ 1.5	+ 9.8	NE.	0.58
20	565.97	- 2.70	565.51	567.20	0.67	- 5.59	- 0.9	+ 3.7	NE.	1.00
21	566.60	- 2.10	565.10	568.70	0.83	- 7.12	- 2.2	+ 0.5	NE.	1.00
22	569.30	+ 0.57	568.08	570.70	1.45	- 4.86	+ 1.7	+ 5.4	NE.	0.38
23	569.08	+ 1.33	569.40	570.95	4.59	- 1.74	+ 0.9	+ 7.7	NE.	0.25
24	569.52	+ 0.75	569.07	570.75	7.50	+ 4.15	+ 3.5	+ 12.2	NE.	0.03
25	568.28	- 0.51	567.80	568.90	5.34	- 1.03	+ 2.6	+ 9.2	NE.	1.00
26	568.17	- 0.64	567.50	568.75	5.05	- 1.33	+ 3.5	+ 10.4	NE.	0.67
27	568.81	- 0.02	568.18	569.90	5.49	- 0.90	+ 3.2	+ 9.0	SW.	0.57
28	569.70	+ 0.85	569.08	570.35	9.20	+ 2.80	+ 3.9	+ 13.8	NE.	0.12
29	569.80	+ 0.95	569.10	570.33	8.59	+ 2.18	+ 5.4	+ 12.5	NE.	0.67
30	570.47	+ 1.61	569.70	572.07	8.22	+ 1.84	+ 6.1	+ 13.0	NE.	0.17
31	572.35	+ 3.48	571.80	573.35	9.84	+ 3.43	+ 6.2	+ 15.0	NE.	0.13
Mois.	567.54	- 0.94			4.83	- 1.33				0.48

## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUILLET 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade...	565,31	564,95	565,08	565,20	565,40	565,59	565,80	565,95
2 <sup>e</sup> » ...	567,82	567,37	567,48	567,59	567,58	567,57	567,80	568,00
3 <sup>e</sup> » ...	569,20	568,85	569,01	569,22	569,40	569,47	569,72	570,08
Mois .....	567,50	567,11	567,25	567,40	567,52	567,60	567,84	568,08

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
1 <sup>re</sup> décade...	+ 0,85	+ 4,02	+ 4,88	+ 4,42	+ 2,85	+ 2,06
2 <sup>e</sup> » ...	+ 4,31	+ 7,83	+ 8,78	+ 7,82	+ 5,72	+ 4,53
3 <sup>e</sup> » ...	+ 3,70	+ 7,82	+ 8,59	+ 7,34	+ 5,84	+ 5,35
Mois .....	+ 2,98	+ 6,60	+ 7,45	+ 6,55	+ 4,84	+ 4,02

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
1 <sup>re</sup> décade...	— 0,56	+ 5,77	0,58	29,6	25
2 <sup>e</sup> » ...	+ 1,95	+ 10,18	0,44	15,0	—
3 <sup>e</sup> » ...	+ 2,83	+ 9,88	0,41	—	—
Mois .....	+ 1,45	+ 8,65	0,48	44,6	25

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 2,53 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 50,0 sur 100.

**RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE**  
**DE L'ANNÉE 1889**  
**POUR**  
**GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD**  
**PAR**  
**A. KAMMERMANN**  
Astronome à l'Observatoire de Genève.

---

La disposition générale du résumé actuel est restée la même que celle adoptée pour les résumés précédents. Les observations directes ont été faites dans les deux stations comme par le passé, de trois heures en trois heures, à partir de 7 h. du matin jusqu'à 10 h. du soir.

Les observations barométriques sont complétées à Genève par deux barographes, l'un de Hipp, enregistrant chaque heure la pression atmosphérique, et l'autre de Redier à enregistrement continu. Ils ont servi à compléter le cycle des observations tri-horaires durant la nuit, ainsi qu'à obtenir les maxima et minima de la courbe barométrique.

Les observations de 1 h. et de 4 h. du matin pour la température et le degré d'humidité ont été obtenues au moyen des thermomètres à renversement de Negretti et Zambra. Dans les cas où la colonne de mercure ne se brisait pas à l'endroit de l'étranglement, ce qui malheu-

reusement se présente trop souvent, on a eu recours au thermographe Richard pour ce qui concerne la température. Cet instrument continue à nous satisfaire comme instrument d'interpolation et rend souvent de très grands services. Quant à la fraction de saturation, on a eu recours à l'hygromètre enregistreur des mêmes fabricants, hygromètre dans lequel on a changé la substance hygroscopique; malgré cette modification, les indications sont souvent très peu concordantes, et la courbe ne pouvait indiquer qu'approximativement l'humidité de l'air pour les heures interpolées. Un bon hygromètre enregistreur reste encore un de nos vœux non accomplis à l'Observatoire de Genève, et que la météorologie attend encore.

Les observations du Grand Saint-Bernard ont été faites avec le même zèle que par le passé, sous la direction de M. le prieur Frossard, qui apporte dans sa tâche autant de désintéressement que de dévouement, et auquel nous adressons ici nos vifs remerciements.

Le seul instrument enregistreur installé au Saint-Bernard est un barographe de Hottinger, qui donne toutes les heures la hauteur barométrique. Le ressort du mouvement d'horlogerie s'étant brisé le 10 novembre, ce mouvement a dû être expédié à Genève et n'a été remis en place que le 21 du même mois. Les observations qui manquaient ont été interpolées suivant la méthode exposée dans le résumé annuel de l'année 1888.

Un violent vent a emporté le 21 décembre 1888 le thermomètre à maxima; un nouveau thermomètre de rechange n'a pu être mis en place que le 24 janvier 1889; entre ces deux dates, les maxima absolus ont été remplacés par les maxima des six observations diurnes.

Les moyennes des huit observations tri-heraires ont

été regardées comme moyennes diurnes. Pour les observations thermométriques qui manquent la nuit au Saint-Bernard, on a eu recours à la méthode d'interpolation graphique indiquée dans le résumé de l'année 1884 pour obtenir la température moyenne des 24 heures.

L'année météorologique, qui s'étend de décembre à novembre, a été maintenue dans le résumé actuel pour avoir des tableaux homogènes à ceux qui ont été institués par E. Plantamour. Une seule exception a été faite pour le tableau qui donne la température de cinq en cinq jours. La température de l'année civile à Genève est inférieure de  $0^{\circ},16$  à celle de l'année météorologique, les mois de décembre 1888 et de 1889 ayant comme température moyenne les valeurs de  $+0^{\circ},78$  et  $-1^{\circ},13$ . Au Saint-Bernard, cette différence est beaucoup plus accentuée, les mêmes mois ayant comme température moyenne les valeurs de  $-5^{\circ},04$  et  $-9^{\circ},33$ ; l'année civile y est donc plus froide de  $0^{\circ},36$  que l'année météorologique.

Les valeurs normales des différents éléments météorologiques sont empruntés pour Genève aux « Nouvelles études sur le climat de Genève » par E. Plantamour. Elles sont les moyennes des 50 années d'observation, de 1826 à 1875. Les valeurs normales pour le Grand Saint-Bernard sont formées par les moyennes des 27 années, 1841 à 1867.

Les tableaux suivants donnent pour Genève la température de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin. Le tableau des températures pour le Grand Saint-Bernard fournit les heures d'observation de 7 h. du matin à 10 h. du soir de trois en trois heures. Un dernier tableau donne les écarts entre la température de chaque mois et les moyennes précitées.

## TEMPÉRATURE A GENÈVE 1886.

Époque	1 h. m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Tempé- rature moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1886.	+ 0,30	- 0,18	- 0,37	+ 0,87	+ 2,98	+ 1,96	+ 0,69	+ 0,07	+ 0,78	- 1,79	+ 3,76
Janv. 1886	- 0,86	- 1,47	- 1,80	- 0,66	+ 1,33	+ 1,12	- 0,08	- 0,52	- 0,39	- 3,14	+ 2,10
Février . .	- 0,31	- 0,90	- 1,30	+ 0,40	+ 2,03	+ 1,75	+ 0,40	- 0,58	+ 0,19	- 3,68	+ 3,64
Mars . . .	+ 1,62	+ 0,82	+ 0,80	+ 3,61	+ 5,10	+ 5,41	+ 3,75	+ 2,54	+ 2,95	- 1,19	+ 6,99
Avril . . .	+ 5,97	+ 5,09	+ 5,99	+ 9,27	+ 11,09	+ 11,47	+ 9,04	+ 7,24	+ 8,14	+ 3,37	+ 12,94
Mai . . . .	+ 11,65	+ 10,61	+ 12,47	+ 15,05	+ 17,04	+ 18,02	+ 15,67	+ 13,44	+ 14,24	+ 9,00	+ 19,16
Jun. . . .	+ 15,43	+ 14,15	+ 16,88	+ 18,87	+ 20,62	+ 20,41	+ 18,60	+ 16,53	+ 17,66	+ 12,86	+ 22,04
Juillet . .	+ 15,27	+ 13,81	+ 16,82	+ 20,27	+ 21,94	+ 21,80	+ 20,11	+ 16,86	+ 18,36	+ 11,81	+ 23,98
Août . . .	+ 14,81	+ 13,48	+ 15,34	+ 19,05	+ 20,98	+ 21,41	+ 18,65	+ 16,37	+ 17,51	+ 11,48	+ 23,14
Septembre	+ 11,10	+ 10,08	+ 11,23	+ 15,23	+ 17,49	+ 17,27	+ 14,69	+ 12,26	+ 13,67	+ 8,42	+ 19,30
Octobre . .	+ 7,92	+ 7,50	+ 7,76	+ 10,21	+ 11,78	+ 11,12	+ 9,35	+ 8,14	+ 9,22	+ 6,10	+ 13,01
Novembre	+ 3,86	+ 3,41	+ 3,61	+ 5,38	+ 6,91	+ 6,03	+ 4,57	+ 3,90	+ 4,71	+ 1,86	+ 7,85
Hiver . . .	- 0,32	- 0,85	- 1,15	+ 0,20	+ 2,05	+ 1,60	+ 0,34	- 0,33	+ 0,19	- 2,84	+ 3,15
Printemps	+ 6,41	+ 5,51	+ 6,42	+ 9,31	+ 11,07	+ 11,63	+ 9,49	+ 7,74	+ 8,45	+ 3,73	+ 13,03
Été . . . .	+ 15,18	+ 13,81	+ 16,27	+ 19,40	+ 21,19	+ 21,22	+ 19,13	+ 16,60	+ 17,85	+ 12,78	+ 23,96
Automne .	+ 7,63	+ 7,00	+ 7,54	+ 10,28	+ 12,06	+ 11,47	+ 9,53	+ 8,10	+ 9,20	+ 5,47	+ 13,38
Année . .	+ 7,26	+ 6,41	+ 7,32	+ 9,84	+ 11,64	+ 11,53	+ 9,67	+ 8,07	+ 8,97	+ 4,65	+ 13,26

## TEMPÉRATURE AU SAINT-BERNARD, 1889.

ÉPOQUE.	7 h. m.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Température moyenne.
Décembre 1888.	5,33	4,93	3,35	4,98	5,28	5,36	5,04
Janvier 1889 . .	8,70	7,96	6,31	7,43	8,58	8,50	8,14
Février . . . . .	12,78	11,22	10,14	11,54	12,40	12,62	12,06
Mars . . . . .	11,32	8,70	7,21	8,17	10,18	10,78	9,91
Avril . . . . .	7,00	3,65	3,46	3,10	5,81	6,48	5,37
Mai . . . . .	0,01	2,71	3,81	3,07	1,23	0,41	1,37
Juin . . . . .	3,49	5,84	7,09	5,73	4,90	3,99	4,65
Juillet . . . . .	3,71	7,92	8,41	7,69	6,03	5,12	5,79
Août . . . . .	4,28	7,00	8,74	7,81	6,17	5,14	5,93
Septembre . . .	1,52	4,10	5,11	3,83	2,25	1,81	2,68
Octobre . . . .	2,92	1,35	0,49	1,31	2,16	2,43	2,10
Novembre . . .	4,06	2,69	0,94	2,69	4,02	4,34	3,49
Hiver . . . . .	8,81	7,93	6,48	7,84	8,63	8,70	8,29
Printemps . . .	6,10	3,31	1,95	2,73	4,21	5,61	4,63
Été . . . . .	3,83	6,70	8,09	7,09	5,61	4,76	5,47
Automne . . . .	1,83	0,00	1,20	0,07	1,32	1,86	0,98
Année . . . . .	3,20	1,07	0,25	0,85	2,28	2,77	2,08

## ÉCARTS.

ÉPOQUE.	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Différence entre les deux stations.
Décembre 1888 .	-0,02	+2,53	-2,57
Janvier 1889 . .	-0,31	+0,90	-1,21
Février . . . . .	-1,11	-3,45	+2,04
Mars . . . . .	-1,65	-2,89	+0,94
Avril . . . . .	-0,83	-2,10	+1,27
Mai . . . . .	+1,04	+0,86	+0,18
Juin . . . . .	+0,83	+0,56	+0,29
Juillet . . . . .	-0,45	-0,37	-0,08
Août . . . . .	-0,40	-0,03	-0,35
Septembre . . . .	-0,99	-0,64	-0,35
Octobre . . . . .	-0,66	-1,62	+0,96
Novembre . . . .	+0,16	+1,81	-1,65
Hiver . . . . .	-0,56	+0,11	-0,67
Printemps . . . .	-0,47	-1,27	+0,80
Été . . . . .	0,00	+0,05	-0,05
Automne . . . . .	-0,50	-0,16	-0,34
Année . . . . .	-0,38	-0,32	-0,06



## TEMPÉRATURE A GENÈVE 1889.

Époque	1 h. m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Tempér- ture moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1888.	+ 0,30	- 0,18	- 0,37	+ 0,87	+ 2,98	+ 1,96	+ 0,69	+ 0,07	+ 0,78	- 1,79	+ 3,76
Janv. 1889	+ 0,86	- 1,47	- 1,80	- 0,66	+ 1,33	+ 1,12	- 0,08	- 0,52	- 0,39	- 3,14	+ 2,10
Février . .	- 0,31	- 0,90	- 1,30	+ 0,40	+ 2,03	+ 1,75	+ 0,40	- 0,58	+ 0,19	- 3,68	+ 3,64
Mars . . .	+ 1,63	+ 0,83	+ 0,80	+ 3,61	+ 5,10	+ 5,41	+ 3,75	+ 2,54	+ 2,95	- 1,19	+ 6,90
Avril . . .	+ 5,97	+ 5,09	+ 5,89	+ 9,27	+ 11,09	+ 11,47	+ 9,04	+ 7,24	+ 8,14	+ 3,37	+ 13,94
Mai . . . .	+ 11,65	+ 10,61	+ 12,47	+ 15,05	+ 17,04	+ 18,02	+ 15,67	+ 13,44	+ 14,24	+ 9,00	+ 19,16
Juin . . . .	+ 15,43	+ 14,15	+ 16,68	+ 18,87	+ 20,62	+ 20,41	+ 18,60	+ 16,53	+ 17,66	+ 12,86	+ 22,64
Juillet . . .	+ 15,27	+ 13,81	+ 16,82	+ 20,27	+ 21,94	+ 21,80	+ 20,11	+ 16,86	+ 18,36	+ 11,91	+ 23,98
Août . . . .	+ 14,81	+ 13,48	+ 15,34	+ 19,05	+ 20,98	+ 21,41	+ 18,65	+ 16,37	+ 17,51	+ 11,48	+ 23,14
Septembre .	+ 11,10	+ 10,08	+ 11,23	+ 15,23	+ 17,49	+ 17,27	+ 14,69	+ 12,26	+ 13,67	+ 8,42	+ 19,30
Octobre . .	+ 7,93	+ 7,50	+ 7,76	+ 10,31	+ 11,78	+ 11,12	+ 9,35	+ 8,14	+ 9,22	+ 6,10	+ 13,01
Novembre .	+ 3,86	+ 3,41	+ 3,61	+ 5,38	+ 6,91	+ 6,03	+ 4,57	+ 3,80	+ 4,71	+ 1,86	+ 7,65
Hiver . . .	- 0,32	- 0,85	- 1,15	+ 0,20	+ 2,05	+ 1,60	+ 0,34	- 0,33	+ 0,19	- 2,84	+ 3,15
Printemps	+ 6,41	+ 5,51	+ 6,42	+ 9,31	+ 11,07	+ 11,63	+ 9,49	+ 7,74	+ 8,45	+ 3,73	+ 13,03
Été . . . .	+ 15,18	+ 13,81	+ 16,27	+ 19,40	+ 21,19	+ 21,22	+ 19,13	+ 16,60	+ 17,85	+ 12,08	+ 23,86
Automne .	+ 7,63	+ 7,00	+ 7,54	+ 10,28	+ 12,06	+ 11,47	+ 9,53	+ 8,10	+ 9,30	+ 5,47	+ 13,38
Année . .	+ 7,96	+ 6,41	+ 7,32	+ 9,84	+ 11,64	+ 11,53	+ 9,67	+ 8,07	+ 8,97	+ 4,65	+ 13,26

## TEMPÉRATURE AU SAINT-BERNARD, 1889.

ÉPOQUE.	7 h. m.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Température moyenne.
Décembre 1888.	+ 5,33	+ 4,93	+ 3,35	+ 4,96	+ 5,28	+ 5,36	+ 5,04
Janvier 1889 . .	+ 8,70	+ 7,96	+ 6,31	+ 7,43	+ 8,58	+ 8,50	+ 8,14
Février . . . .	+ 12,78	+ 11,32	+ 10,14	+ 11,54	+ 12,40	+ 12,62	+ 12,06
Mars . . . . .	+ 11,32	+ 8,70	+ 7,21	+ 8,17	+ 10,18	+ 10,78	+ 9,91
Avril . . . . .	+ 7,00	+ 3,65	+ 2,46	+ 3,10	+ 5,81	+ 6,48	+ 5,37
Mai . . . . .	+ 0,04	+ 2,71	+ 3,81	+ 3,07	+ 1,23	+ 0,41	+ 1,37
Juin . . . . .	+ 3,49	+ 6,84	+ 7,09	+ 5,73	+ 4,60	+ 3,99	+ 4,65
Juillet . . . .	+ 3,71	+ 7,22	+ 8,41	+ 7,69	+ 6,03	+ 5,12	+ 5,79
Août . . . . .	+ 4,28	+ 7,00	+ 8,74	+ 7,81	+ 6,17	+ 5,14	+ 5,93
Septembre . .	+ 1,52	+ 4,10	+ 5,11	+ 3,83	+ 2,25	+ 1,81	+ 2,68
Octobre . . .	+ 2,92	+ 1,35	+ 0,49	+ 1,31	+ 2,16	+ 2,43	+ 2,10
Novembre . .	+ 4,06	+ 2,69	+ 0,94	+ 2,69	+ 4,02	+ 4,34	+ 3,49
Hiver . . . . .	+ 8,81	+ 7,93	+ 6,48	+ 7,84	+ 8,63	+ 8,70	+ 8,29
Printemps . .	+ 6,10	+ 3,31	+ 1,95	+ 2,73	+ 4,91	+ 5,61	+ 4,63
Été . . . . .	+ 3,83	+ 6,70	+ 8,09	+ 7,09	+ 5,61	+ 4,76	+ 5,47
Automne . . .	+ 1,83	+ 0,00	+ 1,20	+ 0,07	+ 1,32	+ 1,66	+ 0,98
Année . . . .	+ 3,20	+ 1,07	+ 0,25	+ 0,85	+ 2,28	+ 2,77	+ 2,08

## ÉCARTS.

ÉPOQUE.	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Différence entre les deux stations
Décembre 1888 .	+ 0,02	+ 2,55	+ 2,57
Janvier 1889 . .	+ 0,31	+ 0,90	+ 1,21
Février . . . . .	+ 1,41	+ 3,45	+ 2,04
Mars . . . . .	+ 1,65	+ 2,59	+ 0,94
Avril . . . . .	+ 0,83	+ 2,10	+ 1,27
Mai . . . . .	+ 1,04	+ 0,86	+ 0,18
Juin . . . . .	+ 0,85	+ 0,56	+ 0,29
Juillet . . . . .	+ 0,43	+ 0,37	+ 0,08
Août . . . . .	+ 0,40	+ 0,03	+ 0,35
Septembre . . .	+ 0,99	+ 0,64	+ 0,35
Octobre . . . .	+ 0,66	+ 1,62	+ 0,96
Novembre . . .	+ 0,16	+ 1,81	+ 1,65
Hiver . . . . .	+ 0,56	+ 0,11	+ 0,67
Printemps . . .	+ 0,47	+ 1,27	+ 0,80
Été . . . . .	+ 0,00	+ 0,03	+ 0,03
Automne . . . .	+ 0,50	+ 0,16	+ 0,34
Année . . . . .	+ 0,38	+ 0,32	+ 0,06

Les écarts annuels de la température avec la normale sont négatifs dans les deux stations, de sorte que l'année 1889 peut être considérée comme froide, ainsi que les deux années précédentes 1887 et 1888. A Genève, l'écart dépasse de  $0^{\circ},05$  l'écart probable de l'année. L'année a été relativement un peu plus chaude au Saint-Bernard, l'écart étant de  $-0^{\circ},32$  au lieu de  $-0^{\circ},38$  pour Genève.

Ce déficit de température dans la station de la plaine provient moins de froids très rigoureux que d'un abaissement presque continu de la température. Sur les douze mois de l'année, trois seulement présentent un écart positif; ce sont les mois de mai, juin et novembre.

Sur les quatre saisons, aucune ne présente d'écarts positifs; l'été est normal, tandis que l'hiver, le printemps et l'automne ont été trop froids, mais cela dans des proportions rentrant toutes dans les limites de l'écart probable pour chacune de ces saisons.

Sur les douze mois de l'année, trois seulement, février, mars et septembre, présentent des écarts, tous négatifs, dépassant les limites de l'écart probable, mais dans des proportions relativement faibles.

Les variations de la température dans le courant de l'année au Saint-Bernard, par rapport aux valeurs normales, ont été beaucoup plus fortes qu'à Genève, quoique l'écart de l'année soit à peu près le même dans les deux stations. Ainsi, l'on rencontre cinq mois chauds au lieu de trois seulement dans la plaine, et, sur les quatre saisons, deux, l'hiver et l'été, présentent des écarts positifs. Les mois de décembre 1888 et novembre 1889 ont été très chauds sur la montagne, tandis qu'ils se rapprochaient de la normale dans la plaine. Les trois mois de février, mars et avril, froids à Genève, ont été particulièrement

froids au Saint-Bernard, surtout pour le mois de février, qui présente un déficit de température de  $-3^{\circ},45$ .

Le printemps a été très rigoureux au Saint-Bernard, de  $1^{\circ},27$  au-dessous de la normale, malgré un mois de mai chaud; les mois de mars et d'avril ont été, comme nous venons de le voir, particulièrement froids.

Les deux plus grandes différences relatives de température entre Genève et le Grand Saint-Bernard ont eu lieu au mois de décembre 1888 et février 1889; pour le premier de ces mois, la température était relativement plus basse dans la plaine qu'à la montagne de  $2^{\circ},57$ , et, pour février, Genève présentait un excédent de température de  $2^{\circ},04$  sur le Saint-Bernard.

Les tableaux suivants renferment, sous la même forme que dans les résumés antérieurs, les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température.

A Genève, le jour le plus froid,  $-6^{\circ},41$ , tombe sur le 13 février, et le jour le plus chaud,  $+24^{\circ},96$ , sur le 12 juillet, ce qui donne une amplitude d'oscillation de  $31^{\circ},37$ . Les plus forts écarts négatifs et positifs de température ne tombent sur aucun de ces deux jours de température extrême; le plus fort écart négatif,  $-9^{\circ},80$ , a eu lieu le 16 mars, et la température moyenne à cette date était de  $-5^{\circ},05$ . Le plus fort écart positif,  $+7^{\circ},45$ , s'est produit le 25 décembre 1888. La température moyenne de ce jour était de  $+7^{\circ},52$ , température assignée par les valeurs normales au 29 octobre ou au 6 avril. La différence entre le mois le plus froid, janvier, avec  $-0^{\circ},39$ , et le mois le plus chaud, juillet, avec  $+18^{\circ},36$ , est de  $18^{\circ},75$ , valeur qui diffère très peu de l'amplitude normale, qui est de  $18^{\circ},89$ .

Au Saint-Bernard, le jour le plus froid de l'année tombe sur la même date qu'à Genève, soit le 13 février, avec  $-20^{\circ},81$  comme température moyenne; la date du jour le plus chaud,  $+13^{\circ},33$ , est le 1<sup>er</sup> août. La différence entre ces deux températures moyennes extrêmes est de  $34^{\circ},14$ .

Le plus fort écart négatif,  $-8^{\circ},81$ , tombe sur le 15 mars, soit à un jour près la même date qu'à Genève. Le plus fort écart positif,  $+13^{\circ},18$ , a eu lieu le 14 février. L'amplitude de l'oscillation entre le mois le plus froid, février, avec  $-12^{\circ},06$ , et le mois le plus chaud, août, avec  $+5^{\circ},93$ , est de  $17^{\circ},99$ . Pendant les cinq mois de décembre à avril, la température moyenne ne s'est élevée que quatre jours au-dessus de  $0^{\circ}$ , et cela le 18 décembre et les 20, 21 et 28 avril. Pendant les deux mois les plus chauds de l'année, juillet et août, on compte huit jours pour la température moyenne descendue au-dessous de  $0^{\circ}$ . Durant le mois de juin, en revanche, elle est restée constamment au-dessus de cette limite; la température moyenne la plus basse observée en juin est de  $+0^{\circ},67$  le 3 juin.

On trouve dans le courant de l'année généralement des jours pour lesquels la température est plus élevée au Saint-Bernard que dans la station de la plaine; ce renversement de température se présente surtout en hiver quand le brouillard règne à Genève, alors qu'il fait beau temps à la montagne. Ce cas s'est présenté les 22 et 23 novembre 1889, jours pour lesquels la température moyenne était de  $+0^{\circ},56$  et  $+0^{\circ},06$  au Saint-Bernard, tandis qu'elle n'était que de  $-0^{\circ},13$  et  $-1^{\circ},11$  à Genève.

On a relevé pour Genève la température moyenne de

cing en cinq jours pour l'année civile, du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 1889, en inscrivant à côté l'écart, soit la différence avec le chiffre moyen calculé par la formule déduite des 50 années, 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse les limites de l'écart probable et constitue ainsi une anomalie, le chiffre est mis entre parenthèses.

Sur les 73 pentades, on en trouve 30 avec le signe + et 43 avec le signe —, en ce qui concerne l'écart. Sur les 30 écarts positifs, 8 seulement dépassent les limites de l'écart probable. La plus longue période de chaleur relative a eu lieu entre le 1<sup>er</sup> mai et le 9 juin; les 8 pentades qui la composent ont toutes des signes positifs.

Sur les 43 écarts négatifs, 17 dépassent les limites de l'écart probable. On trouve deux périodes de froid relatif, comptant toutes deux 8 pentades avec le signe négatif; ce sont celles du 12 mars au 20 avril et du 13 septembre au 22 octobre.

Le plus fort écart positif,  $+3^{\circ},86$ , tombe sur la période du 10 au 14 juillet, et le plus fort écart négatif,  $-5^{\circ},27$ , sur celle du 2 au 6 décembre.

Le plus fort abaissement de température,  $-5^{\circ},37$ , a eu lieu entre la 39<sup>me</sup> et la 40<sup>me</sup> pentade, et la plus forte élévation de température,  $+5^{\circ},29$ , entre la 7<sup>me</sup> et la 8<sup>me</sup> pentade.

La période du 10 au 14 juillet donne le chiffre le plus élevé pour la température d'une pentade, soit  $+22^{\circ},59$ , et celle du 2 au 6 décembre le plus bas,  $-3^{\circ},39$ . La différence entre ces deux périodes extrêmes est donc de  $25^{\circ},98$ .

## GENÈVE, 1889.

NOMBRE DE JOURS											
époque	très froids -10° à -5°	froids -5° à 0°		tempérés 0° à +5°		chauds +5° à +20°		très chauds +20° à +30°	Jour le plus froid	Jour le plus chaud	
Déc. 1888.	—	13	14	4	—	—	—	—	-2,54 le 18	+7,52 le 25	
Janv. 1889.	—	21	8	2	—	—	—	—	-3,53 le 16	+5,75 le 31	
Février.	2	12	12	2	—	—	—	—	-6,41 le 13	+7,69 le 2	
Mars.	1	8	11	11	—	—	—	—	-5,05 le 16	+8,61 le 31	
Avril.	—	—	3	20	7	—	—	—	+2,49 le 3	+14,50 le 21	
Mai.	—	—	—	19	19	12	—	—	+10,16 le 11	+18,69 le 31	
Juin.	—	—	—	—	4	92	4	—	+12,51 le 15	+20,61 le 6	
Juillet.	—	—	—	—	4	19	8	—	+11,50 le 27	+24,96 le 12	
Août.	—	—	—	—	9	15	7	—	+13,01 le 25	+21,70 le 19	
Septembre.	—	—	—	7	10	12	1	—	+7,29 le 26	+20,07 le 3	
Octobre.	—	—	—	10	10	—	—	—	+6,46 le 15	+13,76 le 7	
Novembre.	—	6	9	15	—	—	—	—	-1,83 le 24	+9,82 le 4	
Année. . .	3	60	57	82	63	80	20	—	-6,41 le 13 février 1889	+24,96 le 12 juillet 1889.	

## GENÈVE, 1889. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écart négatifs	Écart positifs	Nombre de chan- gements de signe	Écart moyens	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 jours consécut.	Écart extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1888	16	15	4	± 2,20	° 3,58 le 9	° 7,45 le 25	± 1,43	° 5,90 le 27	+ 5,36 le 1
Janvier 1889	20	11	10	1,51	- 3,22 le 6	+ 5,37 le 31	1,20	- 2,42 le 22	+ 6,31 le 30
Février . .	17	11	9	3,36	- 7,78 le 13	+ 7,18 le 2	2,23	- 6,41 le 3	+ 8,11 le 15
Mars . . .	25	6	7	2,76	- 9,80 le 16	+ 3,48 le 11	1,82	- 4,72 le 16	+ 5,83 le 19
Avril . . .	20	10	9	1,94	- 4,61 le 3	+ 4,88 le 21	1,81	- 5,11 le 2	+ 3,46 le 12
Mai * . . .	8	22	8	1,56	- 2,34 le 11	+ 4,57 le 5	1,31	- 4,61 le 6	+ 3,23 le 4
Juin . . .	9	21	10	1,74	- 4,41 le 15	+ 4,81 le 2	1,42	- 6,40 le 3	+ 3,94 le 16
Juillet . .	19	12	7	2,34	- 7,37 le 27	+ 6,23 le 12	1,65	- 6,53 le 27	+ 4,01 le 20
Août . . .	15	16	7	2,28	- 4,84 le 13	+ 3,88 le 19	1,57	- 3,78 le 20	+ 2,79 le 16
Septembre .	19	11	5	2,41	- 6,75 le 18	+ 3,70 le 3	1,60	- 4,93 le 16	+ 4,24 le 28
Octobre . .	18	13	3	2,25	- 4,03 le 1	+ 3,25 le 30	1,31	- 2,99 le 10	+ 3,27 le 5
Novembre *	13	16	5	2,07	- 5,03 le 24	+ 4,28 le 11	1,54	- 4,58 le 28	+ 6,93 le 25
Année. . .	199	164	84	± 2,30	- 9,80 le 16 mars 1889.	+ 7,45 le 25 décemb. 1888.	± 1,59	- 6°53, le 27 juillet 1889.	+ 8° 11 le 15 février 1889.

 \* L'écart a été nul le 1<sup>er</sup> mai et le 2 novembre.



SAINT-BERNARD, 1880.

Époque	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-31° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1888.	—	—	18	12	1	—	—	—	-8,55 le 1	+0,16 le 18
Janvier 1889.	—	11	15	5	—	—	—	—	-13,83 le 23	-3,23 le 19
Février . . .	9	10	6	3	—	—	—	—	-20,81 le 13	-1,33 le 19
Mars . . .	4	9	15	3	—	—	—	—	-20,34 le 16	-2,50 le 18
Avril . . .	—	2	15	10	3	—	—	—	-13,35 le 3	+2,58 le 20
Mai . . .	—	—	—	7	23	1	—	—	-3,72 le 31	+5,27 le 31
Juin . . .	—	—	—	—	16	14	—	—	+0,67 le 3	+8,87 le 7
Juillet . . .	—	—	—	3	11	12	5	—	+2,05 le 28	+12,75 le 12
Août . . .	—	—	2	5	7	15	4	—	-1,82 le 24	+13,33 le 1
Septembre . .	—	—	3	5	12	9	2	—	-6,09 le 30	+11,33 le 2
Octobre . . .	—	—	3	22	6	—	—	—	-6,17 le 14	+1,40 le 8
Novembre . .	3	—	5	14	8	—	—	—	-16,52 le 28	+1,98 le 11
Année . . . . .	16	32	79	89	87	51	11	—	-20°,81 le 13 février 1889.	+13°,33 le 1 août 1889.

## SAINT-BERNARD, 1889. — TEMPÉRATURE.

ÉPOQUE	Écart négatifs	Écart positifs	Nombre de chan- gements de signe	Écart moyens	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 jours consécut.	Écart extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1888 . . .	3	28	5	$\pm 2,94$	- 1,83 le 1	+ 8,12 le 18	$\pm 1,70$	- 4,17 le 20	+ 3,84 le 16
Janvier 1889 . . .	15	16	8	$\pm 2,59$	- 4,86 le 23	+ 5,80 le 19	1,80	- 4,12 le 20	+ 6,38 le 24
Février . . .	20	8	7	5,43	- 11,93 le 13	+ 7,44 le 1	4,09	- 8,10 le 21	+ 13,18 le 14
Mars . . .	23	8	9	3,71	- 13,20 le 16	+ 4,46 le 18	2,61	- 8,81 le 15	+ 9,58 le 18
Avril . . .	23	7	7	3,76	- 8,11 le 3	+ 5,57 le 30	2,45	- 6,69 le 2	+ 6,84 le 20
Mai . . .	10	21	5	1,45	- 2,38 le 25	+ 4,54 le 5	1,23	- 2,69 le 6	+ 3,31 le 28
Juin . . .	14	16	7	2,14	- 3,02 le 14	+ 5,53 le 7	1,57	- 5,38 le 3	+ 3,28 le 5
Juillet . . .	17	14	11	3,01	- 8,45 le 28	+ 6,76 le 12	2,57	- 7,59 le 14	+ 7,26 le 25
Août . . .	14	17	6	3,84	- 7,49 le 24	+ 6,93 le 1	2,30	- 5,87 le 11	+ 5,50 le 29
Septembre . . .	18	12	7	3,37	- 7,90 le 17	+ 6,34 le 2	2,41	- 7,99 le 29	+ 8,39 le 27
Octobre . . .	20	11	7	2,47	- 7,46 le 2	+ 3,36 le 28	1,36	- 2,55 le 12	+ 3,42 le 16
Novembre . . .	8	22	7	3,94	- 10,09 le 28	+ 7,16 le 20	1,75	- 7,08 le 12	+ 2,83 le 11
Année . . .	185	180	86	$\pm 3,12$	- 13,20 le 16 mars 1889.	+ 6,12 le 18 décemb. 1888.	$\pm 2,14$	- 8,81 le 15 mars 1889.	+ 13,18 le 14 février 1889.

1889. Température de 5 en 5 jours, à Genève.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
1- 5 Janvier	- 1,31	-1,06	30- 4 Juillet	+18,02	-0,36
6-10 id.	- 0,36	-0,04	5- 9 id.	+20,33	(+1,78)
11-15 id.	+ 0,10	+0,40	10-14 id.	+22,59	(+3,86)
16-20 id.	- 1,44	-1,24	15-19 id.	+17,34	-1,51
21-25 id.	- 1,04	-1,02	20-24 id.	+17,71	-1,18
26-30 id.	+ 0,47	+0,27	25-29 id.	+14,76	(-4,11)
31- 4 Février	+ 4,30	(+3,79)	30- 3 Août	+19,00	+0,24
5- 9 id.	- 0,43	-1,30	4- 8 id.	+19,91	+1,32
10-14 id.	- 2,52	(-3,80)	9-13 id.	+17,27	-1,08
15-19 id.	+ 3,23	+1,49	14-18 id.	+17,96	-0,07
20-24 id.	- 0,77	(-3,00)	19-23 id.	+17,73	+0,08
25- 1 Mars	- 1,73	(-4,49)	24-28 id.	+13,43	(-3,77)
2- 6 Mars	- 1,09	(-4,41)	29- 2 Septemb.	+17,78	+1,09
7-11 id.	+ 4,74	+0,84	3- 7 id.	+17,37	+1,23
12-16 id.	+ 0,77	(-3,74)	8-12 id.	+16,10	+0,58
17-21 id.	+ 4,01	-1,12	13-17 id.	+13,40	-1,45
22-26 id.	+ 4,73	-1,04	18-22 id.	+10,37	(-3,75)
27-31 id.	+ 5,28	-1,15	23-27 id.	+10,61	(-2,76)
1- 5 Avril	+ 4,93	(-2,17)	28- 2 Octobre	+ 9,90	(-2,67)
6-10 id.	+ 7,66	-0,13	3- 7 id.	+11,21	-0,53
11-15 id.	+ 6,98	-1,51	8-12 id.	+ 9,16	(-1,72)
16-20 id.	+ 8,14	-1,05	13-17 id.	+ 7,18	(-2,82)
21-25 id.	+11,17	+1,26	18-22 id.	+ 7,85	-1,26
26-30 id.	+ 9,98	-0,65	23-27 id.	+10,19	(+1,98)
1- 5 Mai	+12,59	+1,24	28- 1 Novemb.	+ 9,78	(+2,46)
6-10 id.	+13,20	+1,13	2- 6 id.	+ 7,83	+1,39
11-15 id.	+12,86	+0,08	7-11 id.	+ 8,28	(+2,70)
16-20 id.	+13,71	+0,23	12-16 id.	+ 5,67	+0,92
21-25 id.	+15,91	+1,74	17-21 id.	+ 2,73	-1,22
26-30 id.	+16,29	+1,46	22-26 id.	+ 1,66	-1,54
31- 4 Juin	+17,74	(+2,28)	27- 1 Décemb.	+ 0,04	(-2,47)
5- 9 id.	+19,13	(+3,07)	2- 6 id.	- 3,39	(-5,27)
10-14 id.	+15,86	-0,74	7-11 id.	- 1,51	(-2,83)
15-19 id.	+16,76	-0,35	12-16 id.	- 0,28	-1,13
20-24 id.	+18,38	+0,82	17-21 id.	- 2,69	(-3,14)
25-29 id.	+18,10	+0,14	22-26 id.	+ 1,99	+1,87
			27-31 id.	- 0,65	-0,55

## GENÈVE, 1889. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

ÉPOQUE.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours	
					Minimum au-dessous de 0°.	Maximum au-dessous de 0°.
Déc. 1888...	— 6,3	le 17	+13,2	le 25	26	7
Janv. 1889...	— 8,0	le 25	+11,3	le 31	29	11
Février.....	—12,5	le 14	+12,0	le 2	25	4
Mars.....	— 8,4	le 16	+13,3	le 31	15	1
Avril.....	0,0	le 3	+21,2	le 21	0	0
Mai.....	+ 3,9	le 3	+27,0	le 31	0	0
Juin.....	+ 8,8	le 13	+27,8	le 2	0	0
Juillet.....	+ 6,9	le 30	+31,2	le 12	0	0
Août.....	+ 6,0	le 28	+28,3	le 19	0	0
Septembre..	+ 0,2	le 18	+26,7	le 2	0	0
Octobre....	+ 2,0	le 18	+19,7	le 7	0	0
Novembre...	— 3,3	le 30	+16,5	le 4	9	0
Année.....	—12,5	le 14 févr. 1889.	+31,2	le 12 juil. 1889.	104	23

## SAINT-BERNARD, 1888.

Époque.	Min. absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.
Déc. 1888...	—10,4	le 1 et 14	+ 3,2	le 17
Janv. 1889...	—15,9	le 23	— 0,8	le 29
Février.....	—23,2	le 12	+ 0,8	le 19
Mars.....	—22,6	le 16	+ 3,2	le 18
Avril.....	—14,4	le 2	+ 7,3	le 20
Mai.....	— 4,6	le 2	+10,6	le 30
Juin.....	— 0,7	le 14	+14,1	le 7
Juillet.....	— 3,0	le 28	+16,7	le 13
Août.....	— 3,1	le 24	+16,9	le 1
Septembre..	— 7,4	le 29	+15,7	le 1
Octobre....	— 9,4	le 14	+ 5,2	le 8
Novembre...	—18,4	le 30	+ 6,5	le 8 et le 11
Année.....	—23,2	le 12 févr. 1889.	+16,9	le 1 <sup>er</sup> août 1889.

Le minimum absolu enregistré à Genève au thermomètre est de  $-12^{\circ},5$  le 14 février, valeur plus élevée que le minimum moyen de l'année, qui est de  $-13^{\circ},3$ . Le maximum absolu de l'année 1889 est de  $+31^{\circ},2$ , observé le 12 juillet; cette valeur est inférieure de  $1^{\circ},3$  au maximum absolu moyen  $+32^{\circ},5$ . La différence entre les deux extrêmes de température pendant l'année météorologique 1889 est donc de  $43^{\circ},7$ , au lieu de  $45^{\circ},8$  amplitude normale.

Le minimum s'est abaissé pour la dernière fois au printemps au-dessous de  $0^{\circ}$  le 30 mars; il a encore atteint  $0^{\circ}$  le 3 avril, jour pendant lequel il est tombé pour la dernière fois de la neige dans la plaine. La dernière tache de neige sur le Salève a disparu seulement le 29 mai suivant. La première gelée blanche de l'automne a eu lieu le 26 septembre, et le minimum descendait à cette date à  $+0^{\circ},9$ . Le 10 octobre, la neige faisait sa première apparition sur les montagnes avoisinantes. La première gelée blanche à glace n'a eu lieu que très tard dans la saison, soit le 19 novembre seulement, tandis qu'elle a lieu en moyenne déjà le 29 octobre. Le 23 novembre, le maximum ne dépassait pas  $0^{\circ}$ , cas qui se présente relativement rarement dans le courant de ce mois.

Le minimum absolu de l'année au Saint-Bernard,  $-23^{\circ},2$ , a eu lieu le 12 février, et le maximum absolu,  $+16^{\circ},9$ , s'est produit le 1<sup>er</sup> août. L'amplitude entre les deux températures extrêmes observées est donc de  $40^{\circ},1$ .

## Température du Rhône en 1889.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Écarts avec la valeur normale.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
Décembre 1888 . .	+ 7,26	+0,65	+ 6,5 les 17, 18, 19, 20, 21	+ 9,2 le 1	+ 6,48
Janvier 1889 . .	+ 4,98	-0,13	+ 3,0 les 23 et 24	+ 7,0 le 2	+ 5,37
Février . . . .	+ 4,45	-0,51	+ 1,5 le 13	+ 6,0 le 2	+ 4,26
Mars . . . . .	+ 5,28	-0,84	+ 3,6 le 16	+ 6,5 le 21	+ 3,33
Avril . . . . .	+ 7,70	-1,08	+ 6,3 le 4	+ 9,6 le 23	+ 0,44
Mai . . . . .	+ 12,82	+1,10	+ 8,7 le 3	+ 16,5 le 31	- 1,42
Juin . . . . .	+ 16,68	+1,34	+ 12,9 le 4	+ 19,5 le 26	- 0,98
Juillet . . . .	+ 17,49	-0,60	+ 11,6 le 26	+ 20,7 le 13	- 0,87
Août . . . . .	+ 16,32	-2,33	+ 11,5 le 13	+ 21,4 le 6	- 1,19
Septembre. . .	+ 16,65	-0,42	+ 9,9 le 24	+ 19,7 le 4	+ 2,98
Octobre . . . .	+ 12,47	-1,51	+ 11,0 le 14	+ 14,0 le 9	+ 3,25
Novembre . . .	+ 10,55	+0,92	+ 8,0 le 30	+ 12,0 les 1 et 2	+ 5,84
Année . . . . .	+ 11,03	-0,31	+ 1,5 le 13 février 1889.	+ 21,4 le 6 août 1889.	+ 2,06

## Température du Rhône en 1889.

Époque	Écart moyens d'un jour	Écart extrême		Écart moy. entre 2 jours consécutifs	Écart extrême entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décemb. * 1888	$\pm 0,62$	0,0 le 17	$+1,7$ le 26	$\pm 0,23$	0,9 le 4	$+1,0$ le 24
Janvier 1889 .	0,65	1,8 les 23 et 24	$+1,6$ le 2	0,32	1,7 le 23	$+0,8$ le 10
Février . . . .	0,80	3,4 le 13	$+1,2$ le 2	0,52	2,5 le 13	$+1,4$ le 14
Mars . . . . .	0,94	2,6 le 16	$+0,2$ le 12	0,31	1,5 le 16	$+0,7$ le 21
Avril . . . . .	0,92	1,7 les 26 et 27	$+0,3$ les 22 et 23	0,29	1,1 le 24	$+0,5$ le 2
Mai . . . . .	1,43	1,6 le 3	$+2,9$ le 31	0,59	2,8 le 11	$+1,9$ le 17
Juin . . . . .	1,71	1,5 le 17	$+3,1$ le 26	1,09	3,2 les 4 et 28	$+3,4$ le 18
Juillet . . . .	2,48	6,9 le 26	$+3,2$ le 6	1,12	4,4 le 26	$+2,8$ le 31
Août . . . . .	3,23	7,3 le 13	$+2,6$ le 6	0,89	2,5 le 21	$+3,5$ le 15
Septembre . .	1,97	6,5 le 24	$+2,1$ les 12, 13, 14	0,63	1,0 le 21	$+2,8$ le 25
Octobre . . .	1,35	3,1 le 14	$+0,2$ le 31	0,33	1,4 le 10	$+1,2$ le 15
Novembre . .	0,80	0,1 le 30	$+1,2$ le 18	0,18	0,9 le 30	$+0,3$ les 7, 20 et 26
Année . . . .	$\pm 1,40$	7,3 le 13 août 1889.	$+3,2$ le 6 juillet 1889.	$\pm 0,53$	4,4 le 26 juillet 1889.	$+3,5$ le 15 août 1889.

\* Tous les écarts du mois de décembre 1888 sont positifs.

## GENÈVE, 1889. — Pression atmosphérique.

époque	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.
Décembre 1888	729,56	min -0,05	min -0,16	min +0,03	min +0,54	min -0,28	min -0,35	min +0,02	min +0,20
Janvier 1889	729,21	+0,01	-0,05	+0,10	+0,53	-0,34	-0,50	+0,04	+0,24
Février	723,69	+0,36	-0,10	+0,12	+0,48	-0,17	-0,52	-0,16	-0,03
Mars	725,17	+0,17	-0,13	+0,13	+0,39	-0,30	-0,54	-0,02	+0,31
Avril	720,80	+0,33	+0,09	+0,17	+0,18	-0,22	-0,65	-0,25	+0,35
Mai	723,52	+0,13	-0,02	+0,36	+0,34	-0,09	-0,72	-0,35	+0,34
Juin	725,83	+0,21	-0,02	+0,26	+0,19	-0,18	-0,63	-0,27	+0,46
Juillet	727,02	+0,27	+0,07	+0,42	+0,27	-0,25	-0,50	-0,43	+0,18
Août	728,03	+0,06	-0,14	+0,40	+0,50	+0,03	-0,47	-0,49	+0,12
Septembre	727,37	+0,30	-0,03	+0,34	+0,40	-0,26	-0,66	-0,19	+0,13
Octobre	723,37	-0,38	-0,62	-0,01	+0,49	+0,09	-0,05	+0,24	+0,28
Novembre	733,02	+0,20	-0,66	+0,15	+0,38	-0,43	-0,60	0,00	+0,35
Hiver	727,61	+0,07	-0,10	+0,06	+0,52	-0,26	-0,45	-0,02	+0,15
Printemps	723,19	+0,21	-0,02	+0,22	+0,37	-0,13	-0,64	-0,21	+0,33
Été	726,98	+0,17	-0,04	+0,35	+0,31	-0,14	-0,54	-0,41	+0,24
Automne	727,64	+0,04	-0,24	+0,15	+0,42	-0,20	-0,44	+0,02	+0,25
Année	726,39	+0,13	-0,10	+0,21	+0,38	-0,19	-0,51	-0,15	+0,25



## Température du Rhône en 1889.

Époque	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décemb. * 1888	$\pm 0,63$	0,0 le 17	$+1,7$ le 26	$\pm 0,23$	0,9 le 4	$+1,0$ le 24
Janvier 1889 .	0,65	— 1,8 les 23 et 24	$+1,6$ le 2	0,32	— 1,7 le 23	$+0,8$ le 10
Février . . . .	0,80	— 3,4 le 13	$+1,2$ le 2	0,52	— 2,5 le 13	$+1,4$ le 14
Mars . . . . .	0,94	— 2,6 le 16	$+0,2$ le 12	0,31	— 1,5 le 16	$+0,7$ le 21
Avril . . . . .	0,92	— 1,7 les 26 et 27	$+0,3$ les 22 et 23	0,29	— 1,1 le 24	$+0,5$ le 2
Mai . . . . .	1,43	— 1,6 le 3	$+2,9$ le 31	0,59	— 2,8 le 11	$+1,9$ le 17
Juin . . . . .	1,71	— 1,5 le 17	$+3,1$ le 26	1,09	— 3,2 les 4 et 28	$+3,4$ le 18
Juillet . . . . .	2,48	— 6,9 le 26	$+3,2$ le 6	1,12	— 4,4 le 26	$+2,8$ le 31
Août . . . . .	3,23	— 7,3 le 13	$+2,6$ le 6	0,89	— 2,5 le 21	$+3,5$ le 15
Septembre . . .	1,97	— 6,5 le 24	$+2,1$ les 12, 13, 14	0,63	— 1,0 le 21	$+2,8$ le 25
Octobre . . . .	1,35	— 3,1 le 14	$+0,2$ le 31	0,33	— 1,4 le 10	$+1,2$ le 15
Novembre . . .	0,80	— 0,1 le 30	$+1,2$ le 18	0,18	— 0,9 le 30	$+0,3$ les 7, 20 et 26
Année . . . . .	$\pm 1,40$	— 7,3 le 13 août 1889.	$+3,2$ le 6 juillet 1889.	$\pm 0,53$	— 4,4 le 26 juillet 1889.	$+3,5$ le 15 août 1889.

\* Tous les écarts du mois de décembre 1888 sont positifs.

## GENÈVE, 1889. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.
Décembre 1888	730,56	mm -0,05	mm -0,16	mm +0,03	mm +0,54	mm -0,28	mm -0,35	mm +0,02	mm +0,20
Janvier 1889	730,21	+0,01	-0,05	+0,10	+0,53	-0,34	-0,50	+0,04	+0,24
Février	723,69	+0,36	-0,10	+0,12	+0,48	-0,17	-0,53	+0,06	-0,03
Mars	725,17	+0,17	-0,12	+0,12	+0,29	-0,30	-0,54	-0,02	+0,31
Avril	730,80	+0,33	+0,09	+0,17	+0,18	-0,22	-0,65	-0,25	+0,35
Mai	723,53	+0,13	-0,02	+0,36	+0,34	-0,09	-0,73	-0,35	+0,34
Juin	735,83	+0,21	-0,02	+0,26	+0,19	-0,18	-0,63	-0,27	+0,46
Juillet	727,02	+0,27	+0,07	+0,42	+0,27	-0,35	-0,50	-0,43	+0,18
Août	728,03	+0,06	-0,14	+0,40	+0,50	+0,03	-0,47	-0,49	+0,12
Septembre	727,37	+0,30	-0,03	+0,34	+0,40	-0,26	-0,66	-0,19	+0,13
Octobre	723,27	-0,38	-0,62	-0,01	+0,49	+0,09	-0,05	+0,24	+0,28
Novembre	733,02	+0,20	-0,66	+0,15	+0,38	-0,43	-0,60	0,00	+0,35
Hiver . . . .	727,61	+0,07	-0,10	+0,08	+0,52	-0,26	-0,45	-0,02	+0,15
Printemps. . .	723,19	+0,21	-0,02	+0,22	+0,27	-0,13	-0,64	-0,21	+0,33
Été . . . .	726,96	+0,17	-0,04	+0,35	+0,31	-0,14	-0,54	-0,41	+0,24
Automne . . .	727,84	+0,04	-0,24	+0,15	+0,42	-0,20	-0,44	+0,02	+0,25
Année. . . .	726,39	+0,13	-0,10	+0,21	+0,38	-0,19	-0,51	-0,15	+0,25

## SAINT-BERNARD, 1889. — Pression atmosphérique.

Époque	Hauteur moyenne. mm	1 h.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.
Décembre 1888.	565,11	+0,01	-0,11	-0,30	+0,20	-0,12	-0,07	+0,10	+0,16
Janvier 1889.	563,33	+0,13	+0,03	-0,08	+0,30	-0,22	-0,30	+0,01	+0,18
Février . . .	555,47	+0,40	-0,02	-0,14	+0,17	-0,06	-0,33	-0,02	-0,09
Mars . . . .	558,71	+0,06	-0,31	-0,22	+0,03	-0,07	-0,09	+0,37	+0,38
Avril . . . .	557,59	+0,16	-0,30	-0,31	+0,02	+0,01	-0,02	+0,32	+0,40
Mai . . . . .	563,70	-0,03	-0,48	-0,30	-0,02	+0,12	+0,06	+0,30	+0,40
Juin . . . . .	567,21	+0,10	-0,26	-0,36	-0,03	+0,04	+0,05	+0,31	+0,30
Juillet . . . .	567,98	+0,17	-0,98	-0,38	-0,04	-0,01	+0,03	+0,13	+0,30
Août . . . . .	568,68	+0,04	-0,30	-0,27	+0,04	+0,09	+0,11	+0,07	+0,24
Septembre . .	566,40	+0,43	-0,14	-0,33	+0,04	-0,07	-0,08	-0,01	+0,11
Octobre . . . .	561,71	-0,05	-0,42	-0,32	+0,11	-0,02	+0,06	+0,26	+0,38
Novembre . . .	567,76	+0,36	-0,05	-0,08	+0,17	-0,16	-0,15	-0,04	+0,03
Hiver . . . . .	561,15	+0,17	-0,03	-0,14	+0,19	-0,14	-0,16	+0,04	+0,07
Printemps . . .	560,03	+0,06	-0,37	-0,28	-0,03	+0,01	-0,02	+0,32	+0,39
Été . . . . .	567,97	+0,10	-0,25	-0,28	-0,01	+0,11	+0,03	+0,10	+0,38
Automne . . . .	565,25	+0,31	-0,31	-0,31	+0,11	-0,08	-0,06	+0,07	+0,18
Année . . . . .	563,61	+0,13	-0,22	-0,23	+0,06	-0,04	-0,05	+0,11	+0,23
Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :									
Hiver . . . . .	166,46	-0,15	-0,07	+0,22	+0,33	-0,12	-0,29	-0,06	+0,08
Printemps . . .	163,16	+0,15	+0,35	+0,50	+0,30	-0,14	-0,62	-0,43	-0,06
Été . . . . .	159,01	+0,07	+0,24	+0,63	+0,32	-0,25	-0,57	-0,51	-0,04
Automne . . . .	162,59	-0,17	-0,03	+0,36	+0,31	-0,12	-0,38	-0,05	+0,07
Année . . . . .	162,78	0,00	+0,12	+0,44	+0,32	-0,15	-0,46	-0,26	+0,02

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes, déduites pour Genève des 40 années : 1836 à 1875, et pour le Saint-Bernard des 27 années : 1844 à 1867, on trouve les écarts suivants :

Époque.	ÉCARTS		
	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-Saint-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1888 ...	+ 1,60	+ 2,79	— 1,19
Janvier 1889.....	+ 1,84	+ 1,84	0,00
Février.....	— 3,45	— 4,77	+ 1,62
Mars.....	+ 0,14	— 1,00	+ 1,14
Avril.....	— 3,97	— 4,04	+ 0,07
Mai.....	— 1,72	— 0,44	— 1,58
Juin.....	— 1,36	+ 0,40	— 1,46
Juillet.....	— 0,63	— 0,50	— 0,13
Août.....	+ 0,37	+ 0,28	+ 0,09
Septembre.....	— 0,26	— 1,05	+ 0,79
Octobre.....	— 3,23	— 2,89	— 0,34
Novembre.....	+ 7,17	+ 5,73	+ 1,44
Année.....	— 0,25	— 0,27	+ 0,02

La hauteur barométrique moyenne est trop basse dans les deux stations, de quantités à peu près égales ; le déficit est de 0<sup>mm</sup>,25 pour Genève et de 0<sup>mm</sup>,27 pour le Saint-Bernard. Les signes des écarts sont concordants dans les deux stations, sauf pour les mois de mars et de juin. Les mois pendant lesquels le baromètre a été plus élevé que la normale sont, à Genève, décembre, janvier, mars, août et novembre. Ce dernier mois présente le plus fort écart positif, +7<sup>mm</sup>,17. Le plus fort écart négatif, —3<sup>mm</sup>,97, a eu lieu au mois d'avril. Les écarts correspondants pour le Saint-Bernard, soit +5<sup>mm</sup>,73 et —4<sup>mm</sup>,77, se sont présentés dans les mois de novembre et février.

Parmi les différences des écarts de Genève et du Saint-

Bernard, on en trouve 6 positives, une égale à  $0^{\text{mm}},00$  et 5 négatives; la différence positive la plus forte  $+1^{\text{mm}},62$  s'est produite au mois de février. La différence négative la plus forte a eu lieu en mai, sa valeur est de  $-1^{\text{mm}},58$ .

Avec les données suivantes pour l'année 1889 :  $726^{\text{mm}},39$  et  $563^{\text{mm}},61$  pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations;  $+8^{\circ},96$  et  $-2^{\circ},08$  pour la température moyenne;  $0,76$  et  $0,79$  pour la fraction moyenne de saturation, on trouve, d'après les tables hypsométriques de E. Plantamour,  $2065^{\text{m}},2$  pour la différence d'altitude entre les deux stations; le nivellement direct avec le niveau à lunette a donné  $2070^{\text{m}},3$ .

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans chaque station, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la valeur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère les maxima et les minima absolus tels qu'ils ont été obtenus au moyen du barographe.

A Genève, le maximum moyen est de  $741^{\text{mm}},03$  et le minimum moyen de  $705^{\text{mm}},05$ ; les mêmes valeurs pour l'année 1889 sont de  $743^{\text{mm}},47$ , observé le 20 novembre, et de  $706^{\text{mm}},80$ , observé le 3 février. L'amplitude de l'excursion barométrique dans le courant de l'année 1889 est donc de  $36^{\text{mm}},67$ , au lieu de  $35^{\text{mm}},98$ , amplitude normale.

Au Saint-Bernard, le point le plus bas atteint par le baromètre est de  $544^{\text{mm}},60$ , le 3 février, et le point le plus haut de  $577^{\text{mm}},68$ , le 20 novembre, soit aux mêmes dates qu'à Genève. L'amplitude totale de la pression atmosphérique est donc de  $33^{\text{mm}},08$ , soit de  $3^{\text{mm}},59$  inférieure à celle observée dans la station de la plaine.

GENÈVE, 1889. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

ÉPOQUE	Écart négatifs	Écart positifs	Nombre de chan- gements de signe	Écart moyens	Écart extrêmes		Écart moy. entre 2 jours consécutifs	Écart extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1888 .	13	19	4	$\pm 5,83$	<sup>mm</sup> -14,49 le 22	<sup>mm</sup> + 9,16 le 5	<sup>mm</sup> $\pm 2,32$	<sup>mm</sup> - 6,10 le 20	<sup>mm</sup> + 7,98 le 24
Janv. 1889 .	14	20	5	5,17	-15,52 le 12	+13,13 le 28	3,05	- 6,38 le 10	+ 6,59 le 14
Février . . .	19	9	7	6,25	-13,13 le 4	+11,97 le 18	4,83	- 9,86 le 3	+12,34 le 16
Mars . . .	15	16	8	4,90	-13,65 le 21	+ 9,96 le 24	4,13	- 7,75 le 20	+11,01 le 23
Avril * . . .	21	8	4	5,31	-15,15 le 9	+ 8,18 le 20	2,39	- 4,30 le 4	+ 8,38 le 10
Mai . . .	25	6	8	2,33	-11,05 le 26	+ 1,37 le 2	1,61	- 5,07 le 25	+ 3,95 le 28
Juin . . .	23	7	5	2,02	- 6,39 le 10	+ 4,39 le 30	1,35	- 4,73 le 9	+ 4,00 le 4
Juillet . . .	18	13	8	1,63	- 5,03 le 26	+ 4,41 le 1	1,36	- 4,99 le 26	+ 4,97 le 28
Août . . .	14	17	6	2,13	- 5,32 le 11	+ 5,71 le 28	1,58	- 4,81 le 19	+ 3,98 le 14
Septembre .	40	20	5	3,00	- 8,01 le 30	+ 6,21 le 27	1,74	- 7,43 le 28	+ 9,06 le 26
Octobre . .	23	8	7	4,05	-13,81 le 21	+ 2,45 le 15	2,49	- 5,72 le 9	+ 9,83 le 23
Novembre .	6	24	5	8,05	-10,10 le 27	+16,24 le 30	2,62	- 8,85 le 25	+ 6,56 le 29
Année . .	197	167	72	$\pm 4,23$	-15,52 le 12 janvier-1889.	+16,24 le 30 novemb. 1889.	$\pm 3,86$	- 9,86 le 3 février 1889.	+12,34 le 16 février 1889.

\* L'écart a été nul le 28 avril.

## SAINT-BERNARD, 1888. — Pression atmosphérique.

Époque	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1888 .	5	36	3	$\pm 4,66$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -7,95 \text{ le } 22 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +9,23 \text{ le } 5 \end{smallmatrix}$	$\pm 1,90$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -5,25 \text{ le } 20 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +6,57 \text{ le } 2 \end{smallmatrix}$
Janv. 1889 .	11	20	4	4,58	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -9,96 \text{ le } 12 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +11,22 \text{ le } 38 \end{smallmatrix}$	2,36	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -5,94 \text{ le } 10 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +5,40 \text{ le } 17 \end{smallmatrix}$
Février . . .	22	6	3	7,94	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -13,47 \text{ le } 4 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +11,87 \text{ le } 19 \end{smallmatrix}$	3,77	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -10,58 \text{ le } 3 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +8,41 \text{ le } 16 \end{smallmatrix}$
Mars . . . .	17	14	11	3,55	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -10,64 \text{ le } 21 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +6,37 \text{ le } 24 \end{smallmatrix}$	3,13	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -7,92 \text{ le } 26 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +8,32 \text{ le } 23 \end{smallmatrix}$
Avril . . . .	21	9	4	5,38	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -11,18 \text{ le } 9 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +8,16 \text{ le } 20 \end{smallmatrix}$	2,19	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -4,16 \text{ le } 25 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +7,45 \text{ le } 18 \end{smallmatrix}$
Mai . . . . .	16	15	10	1,64	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -6,38 \text{ le } 26 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +3,46 \text{ le } 31 \end{smallmatrix}$	1,40	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -3,72 \text{ le } 25 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +3,29 \text{ le } 13 \end{smallmatrix}$
Jun . . . . .	18	14	8	1,81	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -2,90 \text{ le } 10 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +4,38 \text{ le } 6 \end{smallmatrix}$	1,31	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -3,70 \text{ le } 9 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +4,11 \text{ le } 4 \end{smallmatrix}$
Juillet . . .	17	14	6	2,13	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -8,32 \text{ le } 27 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +4,54 \text{ le } 11 \end{smallmatrix}$	1,58	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -4,77 \text{ le } 26 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +4,34 \text{ le } 28 \end{smallmatrix}$
Août . . . .	15	16	6	2,67	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -5,95 \text{ le } 12 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +5,36 \text{ le } 30 \end{smallmatrix}$	1,62	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -3,68 \text{ le } 30 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +3,52 \text{ le } 14 \end{smallmatrix}$
Septembre .	16	14	5	3,64	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -10,35 \text{ le } 30 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +4,87 \text{ le } 11 \end{smallmatrix}$	1,79	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -8,53 \text{ le } 29 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +5,06 \text{ le } 27 \end{smallmatrix}$
Octobre . .	22	9	3	4,01	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -9,74 \text{ le } 1 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +3,89 \text{ le } 30 \end{smallmatrix}$	1,96	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -4,29 \text{ le } 18 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +6,20 \text{ le } 23 \end{smallmatrix}$
Novembre .	6	24	3	7,52	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -10,39 \text{ le } 27 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +15,11 \text{ le } 20 \end{smallmatrix}$	2,11	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -6,97 \text{ le } 25 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +5,97 \text{ le } 7 \end{smallmatrix}$
Année . . .	184	181	66	$\pm 4,04$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -13,47 \text{ le } 4 \end{smallmatrix}$ février 1889.	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +15,11 \text{ le } 20 \end{smallmatrix}$ novemb. 1889.	$\pm 2,07$	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ -10,58 \text{ le } 3 \end{smallmatrix}$ février 1889.	$\begin{smallmatrix} \text{mm} \\ +8,41 \text{ le } 16 \end{smallmatrix}$ février 1889.

## GENÈVE, 1889.

Époque.	Minimum absolu. mm	Date.	Maximum absolu. mm	Date.	Amplitude. mm
Déc. 1888.	710,64	le 22	736,70	le 5	26,09
Janv. 1889.	710,94	le 12	742,21	le 28	31,27
Février ...	706,80	le 3	739,44	le 19	32,64
Mars .....	709,84	le 21	735,57	le 24	25,73
Avril .....	706,93	le 9	734,12	le 20	27,19
Mai .....	713,67	le 26	728,14	le 30	14,47
Juin .....	718,33	le 9	732,94	le 30	14,61
Juillet ....	720,58	le 27	732,96	le 1	12,38
Août .....	719,19	le 19	734,53	le 29	15,34
Septembre.	718,06	le 30	734,99	le 26	16,93
Octobre...	709,66	le 22	730,11	le 16	20,45
Novembre.	712,04	le 27	743,47	le 20	31,43
Année....	706,80	le 3 février 1889.	743,47	le 20 nov. 1889.	36,67

## SAINT-BERNARD, 1889.

Époque.	Minimum absolu. mm	Date.	Maximum absolu. mm	Date.	Amplitude.
Déc. 1888..	552,70	le 22	571,23	le 5	18,53
Janv. 1889.	550,50	le 12	572,80	le 28	22,30
Février ...	544,60	le 3	573,15	le 18	28,55
Mars .....	548,58	le 20	566,62	le 24	18,04
Avril .....	547,69	le 9	570,80	le 20	23,11
Mai .....	558,26	le 26	569,52	le 31	11,26
Juin .....	562,20	le 10	571,96	le 30	9,76
Juillet ....	558,95	le 27	573,55	le 11	14,60
Août .....	562,35	le 12	574,16	le 29	11,81
Septembre.	555,12	le 30	573,04	le 2	17,92
Octobre...	553,89	le 21	568,66	le 30	14,77
Novembre.	549,76	le 27	577,68	le 20	27,92
Année....	544,60	le 3 février 1889.	577,68	le 20 nov. 1889.	33,08



GENÈVE, 1889. — Fraction de saturation en millèmes.

Époque	1 h. m.	4 h.	7 h.	10 h.	1 h. s.	4 h.	7 h.	10 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1888.	910	921	913	865	814	842	889	912	862	500	1000,
Janvier 1889.	843	856	861	801	738	733	791	804	803	360	1000,
Février.	796	828	823	734	671	675	752	789	759	460	1000,
Mars.	749	791	780	671	588	595	685	720	697	330	850,
Avril.	775	819	769	607	518	501	617	723	666	240	980,
Mai.	851	903	834	702	586	553	687	795	739	350	980,
Juin.	871	924	825	721	632	647	735	850	775	390	1000,
Juillet.	834	875	777	615	538	529	624	764	694	330	1000,
Août.	830	863	801	645	573	538	677	756	708	400	980,
Septembre.	820	875	837	644	552	563	694	783	719	320	1000,
Octobre.	883	933	910	812	719	739	842	879	840	380	1000,
Novembre.	866	896	863	791	723	758	825	842	819	530	1000,
Hiver.	851	870	867	789	742	753	813	837	816	360	1000,
Printemps.	792	838	794	690	565	550	664	746	701	240	980,
Été.	841	882	801	680	580	570	678	789	725	330	1000,
Automne.	857	902	867	750	665	687	787	835	794	320	1000,
Année . . .	835	873	832	717	638	639	735	802	759	240	1000, 34 fois

L'humidité de l'air est fournie par la fraction de saturation seule, sans tenir compte de la tension de la vapeur. Pour pouvoir comparer les cas de saturation pendant l'année 1889 avec l'ancien système des observations bi-horaires, on a eu recours à la fréquence relative de saturation, soit au rapport entre le nombre des cas de saturation observés dans le courant du mois et le nombre total d'observations. Le tableau suivant fournit les écarts de ces deux éléments météorologiques avec la normale.

	Fraction de saturation.		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes	Écarts 1889	Moyennes	Écarts 1889 mm
Décembre 1888...	863	+ 17	0,147	— 0,115
Janvier 1889....	857	— 54	0,145	— 0,141
Février.....	819	— 60	0,096	— 0,087
Mars.....	754	— 57	0,039	— 0,039
Avril.....	697	— 31	0,046	— 0,046
Mai.....	704	+ 35	0,046	— 0,046
Juin.....	698	+ 77	0,010	+ 0,003
Juillet.....	679	+ 15	0,036	+ 0,002
Août.....	710	— 2	0,003	— 0,009
Septembre.....	770	— 51	0,025	— 0,021
Octobre.....	831	+ 9	0,083	— 0,067
Novembre.....	833	— 14	0,067	— 0,054
Année.....	768	— 9	0,035	— 0,047

L'année 1889 a été plutôt sèche si l'on ne considère que les deux facteurs du tableau précédent; la fraction et la fréquence relative de la saturation présentent toutes deux des écarts négatifs; pour le dernier facteur, l'écart négatif est même très fort. On ne rencontre pour la fréquence de la saturation que deux écarts positifs, ceux des mois de juin et juillet, mois dans lesquels la valeur absolue de

cette quantité est toujours très faible. En ne tenant compte que de la fraction de saturation, on trouve sept mois secs et cinq mois humides; ces derniers sont: décembre, mai, juin, juillet et octobre.

Les observations des vents pendant l'année 1889 sont résumées dans les tableaux suivants. Le premier indique pour chaque mois, et pour l'année, le chiffre représentant l'intensité de chaque vent d'après le nombre de fois qu'il a été noté dans les six observations faites journellement, en tenant compte à chaque observation de sa force. Celle-ci est représentée par des facteurs résultant d'une simple estimation et allant de 0 à 3; dans le cas de vents très violents, le facteur 4 a été employé exceptionnellement. Le second de ces tableaux donne le rapport de l'intensité des vents soufflant entre le nord et le nord-est aux vents soufflant entre le sud et le sud-ouest, d'après les chiffres notés pour chaque direction dans le tableau précédent. On y trouve également la direction et l'intensité de la résultante de tous les vents observés, calculées au moyen de la formule de Lambert.

Vents observés à Genève, dans l'année 1889.

	Décemb. 1888.	Janvier 1889.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme...	14	4	3	11	12	6	9	9	19	12	25	4	128
N.....	10	18	27	47	49	62	52	34	34	39	30	20	422
NNE....	10	94	53	78	34	20	36	18	14	55	10	28	450
NE.....	7	11	3	3	0	10	5	1	1	1	1	7	50
ENE....	7	11	3	7	2	3	1	2	1	5	1	0	43
E.....	26	11	7	4	3	4	5	7	4	2	13	36	122
ESE....	5	4	0	2	7	1	6	6	4	2	6	10	53
SE.....	27	6	2	2	3	3	4	3	7	3	5	11	70
SSE....	7	6	0	7	4	0	2	2	3	1	3	2	37
S.....	23	23	27	19	18	19	14	29	38	27	34	30	298
SSW....	15	10	37	17	36	14	19	34	37	33	29	13	294
SW.....	20	15	5	6	8	10	9	5	10	8	7	12	115
WSW....	0	1	8	6	8	5	10	12	9	2	3	1	65
W.....	14	8	13	6	11	11	1	16	4	5	5	7	104
WNW....	0	1	2	1	1	3	1	3	1	1	2	0	16
NW.....	2	2	5	3	1	3	4	3	1	1	6	1	32
NNW....	1	3	5	7	4	13	9	4	7	7	9	1	70

	RAPPORT Vents NE. à SW.	RÉSULTANTE		Calme sur 100.
		Direction.	Intensité sur 100.	
Décembre 1888...	0,47	S 33,0 E	31,6	7,5
Janvier 1889.....	2,56	N 35,9 E	44,4	2,2
Février .....	1,20	N 42,4 W	43,8	1,8
Mars.....	3,05	N 15,1 E	46,2	5,9
Avril .....	1,34	N 36,6 W	12,1	6,7
Mai.....	2,14	N 12,5 W	33,3	3,2
Juin.....	2,21	N 1,9 W	28,9	5,0
Juillet .....	0,78	S 50,5 W	17,5	4,8
Août.....	0,58	S 25,2 W	21,6	10,2
Septembre.....	1,40	N 5,8 E	18,0	6,7
Octobre.....	0,61	S 24,0 W	11,1	13,4
Novembre.....	1,00	S 75,8 E	26,9	2,2
Année.....	1,30	N 17,9 E	9,5	5,8

Les chiffres de la dernière colonne du tableau précédent, qui donnent la somme pour l'année entière, se rapportent au nombre total de 2190 observations faites dans l'année. Pour pouvoir les comparer aux valeurs normales des 29 années : 1847 à 1875, il faut les réduire au nombre proportionnel de 1000 observations; on obtient alors :

*Intensité relative des différents vents sur 1000 observations.*

	Année 1889	Moyenne des 29 années		Écarts
Calme.....	58	57	+	1
Nord .....	193	265	—	72
Nord-Nord-Est ...	205	200	+	5
Nord-Est.....	23	48	—	25
Est-Nord-Est ....	20	7	+	13
Est.....	56	22	+	34
Est-Sud-Est.....	24	7	+	17
Sud-Est.....	35	20	+	15
Sud-Sud-Est.....	17	23	—	6
Sud .....	136	110	+	26
Sud-Sud-Ouest....	134	196	—	62
Sud-Ouest.....	53	125	—	72
Ouest-Sud-Ouest..	30	27	+	3
Ouest.....	47	32	+	15
Ouest-Nord-Ouest..	8	5	+	3
Nord-Ouest.....	15	17	—	2
Nord-Nord-Ouest..	32	33	—	1

Si l'on considère les vents venant du N., du NNE. et du NE., formant le courant polaire dans notre vallée, on remarque qu'il y a une légère augmentation des vents du NNE, mais une très forte diminution pour les deux autres directions. Le courant polaire pour l'année 1889 a donc été beaucoup au-dessous de la moyenne; il en est de même pour le courant équatorial si l'on ne tient compte que de la somme algébrique des écarts.

Les vents soufflant directement du sud sont en nom-

bre plus considérable, mais ceux venant du SO et du SSO présentent de forts écarts négatifs. Le nombre d'observations où un calme plat a été noté est sensiblement égal à la valeur normale, puisqu'il ne dépasse celle-ci que de 1. On peut en conclure que pendant l'année 1889 l'intensité des différents vents a été faible. Les courants polaires et équatoriaux sont représentés en moyenne par les chiffres proportionnels 513 et 431; pendant l'année 1889 ils le sont par les nombres 421 et 323.

Le tableau suivant donne le relevé des jours de forte bise et de fort vent du midi. Le nombre moyen des jours de forte bise dans l'année est de 42, et celui de fort vent du midi de 44, tandis que les chiffres correspondants pour l'année 1889 sont 36 et 28. Ce tableau vient donc confirmer les conclusions déjà obtenues ci-dessus en ce qui concerne l'intensité des différents vents.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Sud.
Décembre 1888 . . .	1	1
Janvier 1889 . . . . .	8	0
Février . . . . .	5	4
Mars . . . . .	8	1
Avril . . . . .	4	1
Mai . . . . .	0	2
Juin . . . . .	3	4
Juillet . . . . .	1	2
Août . . . . .	0	8
Septembre . . . . .	4	4
Octobre . . . . .	0	1
Novembre . . . . .	2	0
Hiver . . . . .	14	5
Printemps . . . . .	12	4
Été . . . . .	4	14
Automne . . . . .	6	5
Année . . . . .	36	28

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1889 sont :

ÉPOQUE.	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SW.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calmé sur 100.
Déc. 1888.	83	127	0,65	S 45° W	23,7	0,0
Janv. 1889.	121	87	1,39	N 45 E	18,3	0,0
Février...	234	17	13,76	N 45 E	129,2	0,0
Mars....	144	71	2,03	N 45 E	39,2	0,0
Avril....	123	101	1,22	N 45 E	12,2	0,0
Mai.....	57	148	0,39	S 45 W	48,9	0,0
Juin.....	98	93	1,05	N 45 E	2,8	0,0
Juillet...	129	64	2,02	N 45 E	34,9	0,5
Août.....	137	80	1,71	N 45 E	30,1	0,0
Septembre.	203	22	9,23	N 45 E	100,6	0,0
Octobre ..	81	186	0,44	S 45 W	56,4	0,0
Novembre.	115	87	1,32	N 45 E	15,6	0,0
Année....	1525	1083	1,41	N 45° E	20,2	0,0

Pluie ou neige, dans l'année 1889.

ÉPOQUE.	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée. mm	Hauteur de la neige. m
Décemb. 1888.	6	26,0	22	4	36,1	0,370
Janvier 1889..	6	13,1	15	5	49,3	0,600
Février.....	18	88,5	97	8	100,5	1,290
Mars.....	12	35,7	32	5	58,7	0,485
Avril.....	18	57,8	91	11	139,0	1,135
Mai.....	18	81,4	70	9	222,1	1,390
Juin.....	20	194,8	95	9	131,3	0,100
Juillet.....	10	106,0	67	4	67,4	0,050
Août.....	9	78,1	44	5	67,0	0,070
Septembre....	8	47,8	24	5	86,0	0,640
Octobre.....	24	287,4	191	9	317,1	1,300
Novembre....	10	30,6	49	6	55,4	0,870
Hiver.....	30	127,6	134	17	185,9	2,260
Printemps....	48	174,9	193	25	419,3	3,010
Été.....	39	378,9	206	18	265,7	0,220
Automne....	42	365,8	264	20	458,5	2,810
Année.....	159	1047,2	797	80	1329,9	8,300

La comparaison de l'année 1889 avec la moyenne des 50 années 1826 à 1875 pour Genève, et avec celle des 27 années 1848 à 1867 pour le Saint-Bernard, donne les différences suivantes pour le nombre de jours de pluie et pour la quantité d'eau tombée.

ÉCARTS A GENÈVE		ÉCARTS AU ST.-BERNARD	
Jours de pluie.	Eau tombée. mm	Jours de pluie.	Eau tombée. mm
Décembre 1888. — 3	— 25,0	— 4	— 37,0
Janvier 1889... — 4	— 35,6	— 6	— 79,8
Février ..... +10	+ 52,0	— 1	+ 6,9
Mars ..... + 2	— 11,6	— 7	— 38,2
Avril ..... + 8	+ 1,0	— 0	+ 18,9
Mai ..... + 6	+ 2,3	— 2	+102,0
Juin ..... + 9	+118,8	— 1	+ 30,0
Juillet ..... + 1	+ 35,2	— 5	— 7,7
Août ..... — 1	— 2,3	— 4	— 18,8
Septembre..... — 2	— 46,4	— 4	— 30,0
Octobre. .... +12	+186,4	— 1	+174,8
Novembre..... — 1	— 43,4	— 4	— 43,1
Hiver..... + 3	— 8,6	—11	—109,9
Printemps ..... +16	— 8,3	— 9	+ 82,7
Été..... + 9	+151,7	—10	+ 3,5
Automne ..... + 9	+ 96,6	— 9	+101,7
Année ..... +37	+281,4	—39	+ 78,0

L'année 1889 a été, comme la précédente, extrêmement pluvieuse à Genève, puisqu'elle présente un excédent considérable, soit de jours de pluie, soit d'eau recueillie au pluviomètre. Chacun de ces deux facteurs dépasse de plus du quart leurs valeurs normales respectives; on compte en effet à Genève, en moyenne, 122 jours de pluie, pendant lesquels il tombe 815<sup>mm</sup>,9 d'eau soit sous forme solide, soit sous forme liquide, le caractère pluvieux de l'année 1889 est dû principalement à l'été et à l'au-



tomne, les deux premières saisons de l'année ayant été plutôt sèches par rapport à la quantité d'eau tombée. Pour ce qui concerne les jours de pluie, ils sont plus nombreux que la normale dans chacune des saisons, ce qui indique que la densité de la pluie était trop faible en hiver et au printemps. On rencontre dans le courant de l'année cinq mois pour lesquels le nombre de jours de pluie est inférieur à la moyenne; ce sont décembre, janvier, août, septembre et novembre. Il y a six mois pendant lesquels la quantité d'eau recueillie au pluviomètre est trop faible; ce sont les mois que nous venons de mentionner et auxquels il faut ajouter celui de mars. Les deux mois les plus pluvieux de l'année sont ceux de juin et d'octobre; le premier a fourni 194<sup>mm</sup>, 8 d'eau au pluviomètre en 20 jours; c'est le mois de juin le plus humide qui se soit présenté à Genève depuis 1825, la plus forte quantité tombée dans le courant de ce mois avait été constatée en 1863, et elle n'atteignit que 164<sup>mm</sup>, 6. La même remarque peut être faite pour le mois d'octobre 1889, pour lequel la quantité de pluie s'élève au chiffre extrêmement fort de 287<sup>mm</sup>, 4, qui n'avait également pas été atteint depuis 1825. Le chiffre qui s'en rapproche le plus a été noté dans le mois correspondant de l'année 1855: 278<sup>mm</sup>, 3.

Ainsi l'année 1889 possède les deux mois de juin et d'octobre les plus humides qui se soient présentés depuis le commencement des observations météorologiques à Genève. Dans le courant de ces deux mois seulement, il est tombé 482<sup>mm</sup>, 2, soit à peu de chose près les trois cinquièmes d'une année normale.

Au Saint-Bernard, sauf le mois d'avril, qui a été normal, tous les mois présentent un déficit dans le nombre de jours de pluie; mais la quantité d'eau recueillie dé-

passé la normale pour les trois dernières saisons et pour l'année. Il en résulte qu'au printemps, en été et en automne, l'intensité de la pluie ou de la neige était très forte dans cette station. Le mois de juin présente bien à la montagne un excédent de pluie, mais il est loin d'atteindre la même importance que dans la plaine; il est remplacé sous ce rapport par le mois de mai, qui a presque été normal à Genève. Le mois d'octobre est également extrêmement pluvieux au Saint-Bernard, malgré qu'on y ait noté un jour de pluie de moins qu'en moyenne. A Genève, ce chiffre était de 12 supérieur à la normale, c'est-à-dire doublé. La hauteur totale de la neige tombée au Saint-Bernard pendant l'année 1889 est de 8<sup>m</sup>,30.

La quantité de neige mesurée à Genève s'élève à 34<sup>cm</sup>,7, répartis comme suit: 3<sup>cm</sup>,3 en janvier, 29<sup>cm</sup>,6 en février et 1<sup>cm</sup>,8 en novembre. Il a neigé pour la dernière fois dans la plaine le 3 avril et la dernière tache de neige disparaissait du Salève le 29 mai. La première neige a fait son apparition sur les montagnes environnantes le 10 octobre et dans la plaine le 27 novembre suivant.

Le tableau suivant donne pour chaque mois à Genève les plus longues périodes de sécheresse, ou jours consécutifs sans pluie, et les plus longues périodes pluvieuses, ou jours consécutifs de pluie. Les deux extrêmes sont, en 1889, 20 jours pour la plus longue période de sécheresse, du 2 au 21 décembre 1888, et 8 jours pour la plus longue période pluvieuse, du 8 au 15 juin et du 24 au 31 octobre. Ce tableau indique également le nombre des cas dans lesquels la pluie recueillie dans les 24 heures était très faible, au-dessous de 1 millimètre, ou presque insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. On compte 47 jours pour lesquels la pluie était très fai-

ble, dont 35 pour lesquels elle était insignifiante. Le tableau donne également pour chaque mois la quantité maxima de pluie recueillie en 24 heures, et le nombre de jours de pluie très abondante, la quantité de pluie dépassant 3 centimètres. Il y a 6 de ces cas, dont 2 en juin, 1 en août et 3 en octobre, pendant les trois journées consécutives du 9 au 11 octobre. La quantité de pluie recueillie pendant ces trois jours s'élève à 137<sup>mm</sup>,8. La quantité maxima d'eau tombée en un jour pendant l'année 1889 est de 62<sup>mm</sup>,0 le 9 octobre.

Époque.	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de		Pluie dans 24 heures maximum.		Pluie dans 24 heures dépasseant 3 <sup>me</sup>
			1 <sup>me</sup> 0.	2 <sup>me</sup> 25.	1 <sup>me</sup> 25.	2 <sup>me</sup> 25.	
Décembre 1888	20 jours ( 2-24)	2 jours (22-23; 25-26)	2	2	12,3 le 26	0	0
Janvier 1889..	10 » (21-30)	3 » (10-12)	4	3	8,1 le 12	0	0
Février.....	3 » (17-19; 24-26)	6 » ( 6-11)	6	5	29,4 le 14	0	0
Mars.....	6 » (13-18)	3 » (7-9; 19-21; 25-27)	6	5	16,1 le 20	0	0
Avril.....	6 » (15-20)	6 » ( 4- 6)	6	3	11,8 le 30	0	0
Mai.....	5 » (22-26)	7 » (13-19)	7	5	29,3 le 10	0	0
Juin.....	3 » (16-18)	8 » ( 8-15)	6	6	49,3 le 14	2	2
Juillet.....	11 » ( 2-12)	3 » (26-28)	0	0	23,5 le 27	0	0
Août.....	10 » (24 août-2 sept.)	3 » (11-13)	3	3	33,9 le 20	1	1
Septembre....	15 » ( 5-19)	3 » (20-22)	1	1	21,2 le 3	0	0
Octobre.....	1 » ( - )	8 » (24-31)	1	1	62,0 le 9	3	3
Novembre....	18 » ( 7-24)	6 » (25-30)	5	1	13,5 le 25	0	0
Année.....	20 jours (2-21 décembre 1888)	8 jours (8-15 juin; 24-31 oct.)	47	35	62,0 le 9 octobre.	6	6

Il est intéressant d'éliminer la durée inégale des mois pour pouvoir les comparer entre eux quant aux caractères de la précipitation. On trouve ainsi dans le tableau suivant pour chaque mois la durée relative de la pluie, soit la fraction donnant le rapport du nombre d'heures de pluie au nombre total d'heures du mois; le nombre moyen d'heures que la pluie a duré, soit le rapport du nombre total d'heures de pluie au nombre de jours de pluie; enfin l'intensité de la pluie, soit le rapport de la quantité d'eau totale tombée dans le mois au nombre d'heures de pluie. Le relevé a été fait également pour les saisons et pour l'année entière.

## GENÈVE

Époque.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
Décembre 1888 ....	0,030	3,67	1 <sup>mm</sup> ,18
Janvier 1889.....	0,020	2,50	0,87
Février.....	0,144	5,39	0,91
Mars.....	0,043	2,67	1,12
Avril.....	0,126	5,06	0,64
Mai.....	0,094	3,89	1,16
Juin.....	0,132	4,75	2,05
Juillet.....	0,090	6,70	1,58
Août.....	0,059	4,89	1,78
Septembre.....	0,033	3,00	1,99
Octobre.....	0,257	7,96	1,50
Novembre.....	0,068	4,90	0,62
Hiver.....	0,062	4,47	0,95
Printemps.....	0,087	4,02	0,91
Été.....	0,093	5,28	1,84
Automne.....	0,121	6,29	1,39
Année.....	0,091	5,01	1,31

Le tableau suivant fournit le nombre de jours d'orage à Genève, ainsi que celui des jours où des éclairs ont été

vus à l'horizon, sans que le tonnerre fût entendu. Le nombre moyen des jours de tonnerre à Genève est de 25 d'après la moyenne des 30 années : 1846 à 1875. Pendant l'année 1889, il est de 22, soit de 3 inférieur à la normale.

ÉPOQUE.	GENÈVE	
	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1888 .....	0	0
Janvier 1889.....	0	0
Février .....	0	0
Mars .....	0	0
Avril .....	2	0
Mai .....	3	5
Juin .....	7	5
Juillet .....	4	3
Août .....	3	2
Septembre.....	2	0
Octobre.....	1	0
Novembre.....	0	0
Année .....	22	15

Il nous reste à résumer les observations de la nébulosité dans les deux stations, la nébulosité étant figurée par une fraction représentant la partie du ciel recouverte par les nuages et pouvant varier de 0,0 à 1,0. Les jours sont classés en jours « clairs, peu nuageux, très nuageux, et couverts, » suivant que la nébulosité moyenne était inférieure aux limites de 0,25, 0,50, 0,75 et 1,00. On trouve en moyenne à Genève 67 jours clairs, 62 jours peu nuageux, 71 jours très nuageux et 165 jours couverts, tandis que les chiffres correspondants pour l'année 1889 sont de 54, 49, 70 et 192. Le nombre de jours très nuageux est normal, mais il y a une augmentation très forte de jours couverts au détriment des jours clairs

et peu nuageux. La nébulosité moyenne est la même qu'en 1888; elle est de 0,69, soit de 7 %, trop forte. Avant ces deux années, la nébulosité n'avait atteint un chiffre plus élevé qu'en 1853, où elle atteignait 0,72.

Parmi les différents mois de l'année, on remarque qu'il n'y a pas un seul jour clair dans les mois de juin, octobre et novembre, et que, pendant ces trois mois, le nombre de jours peu nuageux est aussi très restreint; il est de 6 en juin, de 2 seulement en octobre et de 4 en novembre. Il est extrêmement rare de ne pas noter de jour clair au mois de juin, et en général pendant les mois de l'été et celui de septembre, mais cela arrive fréquemment pendant les mois d'hiver.

Si l'on considère les quatre saisons, on voit que l'hiver présente une nébulosité normale, tandis que les trois autres fournissent un excédent considérable sur la moyenne; au printemps cet excédent est de 10 %, en été de 9 %, et en automne de 6 %. Au mois de juin, la nébulosité est de 20 %, trop forte et en octobre de 17 %. Les seuls mois relativement clairs, et cela dans de faibles proportions, sont ceux de décembre, janvier et septembre.

On observe en moyenne à Genève 33 jours de brouillard, dont 19 en hiver, 2 au printemps, 1 en été et 11 en automne; en 1889, le nombre total s'est élevé à 45, répartis comme suit : 28 en hiver, 1 au printemps et 16 en automne.

Au Saint-Bernard il s'est produit le même phénomène que l'année dernière, c'est-à-dire que la nébulosité présente à la montagne un écart de signe inverse à celui de la plaine. Elle est de 7 %, inférieure à la normale. Toutes les saisons fournissent des chiffres de nébulosité inférieurs à la moyenne, soit de 8 %, en hiver, de 1 %, au printemps et de 9 %, en été et en automne.

*État du ciel.*

ÉPOQUE.	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou- verts.	Nébu- losité moyenne.	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou- verts.	Nébu- losité moyenne.
Déc. 1888 .	2	4	4	21	0,79	17	5	1	8	0,34
Janv. 1889.	5	3	2	21	0,78	19	4	3	5	0,28
Février ...	2	4	8	14	0,74	4	8	3	13	0,64
Mars .....	5	2	6	18	0,71	10	6	7	8	0,50
Avril .....	5	3	5	17	0,69	8	2	5	15	0,62
Mai.....	5	3	8	15	0,68	2	3	4	22	0,78
Juin.....	0	6	8	16	0,74	3	5	6	16	0,68
Juillet ....	10	8	9	4	0,44	11	10	7	3	0,40
Août.....	10	2	5	14	0,54	10	8	7	6	0,43
Septembre.	10	8	4	8	0,47	12	4	7	7	0,46
Octobre ...	0	2	6	23	0,86	4	2	6	19	0,74
Novembre .	0	4	5	21	0,83	19	3	4	4	0,27
Hiver.....	9	11	14	56	0,77	40	17	7	26	0,41
Printemps .	15	8	19	50	0,69	20	11	16	45	0,64
Été.....	20	16	22	34	0,57	24	23	20	25	0,50
Automne ..	10	14	15	52	0,72	35	9	17	30	0,49
Année ....	54	49	70	192	0,69	119	60	60	126	0,51

GENÈVE

ÉPOQUE	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1888 ...	9	9	18
Janvier 1889.....	1	7	8
Février.....	0	2	2
Mars.....	0	1	1
Avril.....	0	0	0
Mai.....	0	0	0
Juin.....	0	0	0
Juillet.....	0	0	0
Août.....	0	0	0
Septembre.....	0	2	2
Octobre.....	0	2	2
Novembre.....	6	6	12
Année.....	16	29	45



**CONSEQUENCES**  
**QUI RÉSULTENT POUR LA SUCCESSION DES ONDES**  
**DU**  
**DÉPLACEMENT D'UN CORPS SONORE**  
**OU D'UN CORPS LUMINEUX**

**PAR**  
**M. CH. DUFOUR**  
Prof. à Morges.

---

En 1868, je publiai dans le Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, un travail sur les conséquences que pouvait avoir pour la succession des ondes, le déplacement d'un corps sonore ou d'un corps lumineux ; et j'en déduisais une nouvelle méthode pour calculer la distance des étoiles doubles.

Dès lors la question a fait du chemin ; grâce aux magnifiques progrès de tout ce qui touche à l'analyse spectrale, on est parvenu, beaucoup plus rapidement que je ne le supposais, à déterminer la vitesse d'un astre mobile par le déplacement des raies de son spectre.

C'est ce qui m'a engagé à reprendre tout ce sujet, et à le traiter avec plus de détails que je ne l'ai fait alors.

Commençons d'abord par le mouvement d'un corps sonore. Il est évident que s'il s'approche d'un observa-

teur, celui-ci doit entendre un son plus aigu que celui qu'il entend lorsqu'il s'éloigne.

Dans tout ce qui va suivre, et **afin** de simplifier les calculs, nous **admettrons** pour le son une vitesse de  $333 \frac{1}{3}$  m. par seconde (ce qui est le  $\frac{1}{3}$  de 1000 m. ou les  $\frac{2}{3}$  de 500), c'est du reste la vitesse qu'il a quand la température de l'air est de 3°.

Supposons, par exemple, un corps sonore éloigné de 1000 m. qui parcourt, en se rapprochant, 100 m. par seconde. Si pendant toute sa course, le corps sonore donne uniformément la note *la*, c'est-à-dire 870 vibrations par seconde, les sons qu'il aura émis à l'instant du départ arriveront seulement 3 secondes plus tard à l'oreille de l'observateur, tandis qu'il n'y aura aucun retard pour la perception de ceux qui seront émis au moment de l'arrivée. Donc l'observateur aura perçu en 7 secondes les ondes émises pendant 10 secondes ; c'est-à-dire que son oreille au lieu de recevoir 870 vibrations par seconde en recevra 1243, et appréciera le son à peu près au *mi bémol* de la gamme supérieure.

Quand le corps sonore aura dépassé l'observateur, le phénomène changera, les vibrations arriveront plus éloignées à l'oreille ; et quand le mobile sera à la distance de 1000 m., les sons qu'il produira arriveront 3 secondes après le moment où ils auront été émis ; c'est-à-dire que l'on entendra en 13 secondes les sons qui ont été produits pendant 10 secondes, on entendra donc 669 vibrations par seconde, par conséquent on appréciera le son au *fa bémol*.

Ainsi donc, le corps sonore mobile produisant toujours la même note, la sensation sera différente suivant qu'il se rapproche ou qu'il s'éloigne ; et avec les chiffres

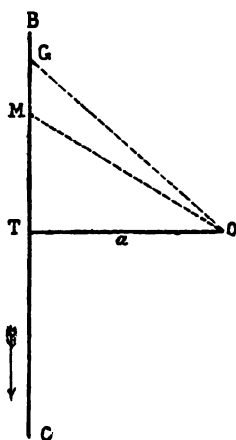
ci-dessus on appréciera cette différence à peu près à un octave.

Si en parlant de la vitesse d'un mobile on a égard à la vitesse du son, on arrive parfois à des résultats assez curieux. Ainsi quand on est atteint par une balle qui parcourt 500 m. par seconde on est frappé avant d'entendre le coup, car la balle devance le son ; par exemple si la balle est lancée à la distance de 1000 m. elle atteint le but en 2 secondes, tandis que le son arrivera seulement au bout de 3 secondes, une seconde après la balle.

Il est clair que dans tout ceci, et pour cette étude théorique, je suppose au mobile une vitesse uniforme et un mouvement rectiligne ; je fais donc complètement abstraction de la résistance de l'air et de l'action de la pesanteur.

Voyons maintenant ce qui arrive si le projectile au lieu d'être dirigé contre l'observateur passe à une certaine distance.

Soit BC la route d'un projectile, O la position d'un



observateur. La distance de celui-ci à la trajectoire est la

perpendiculaire OT que nous désignerons par  $a$ . Soient G et M deux positions successives du projectile. Construisons la courbe qui établit la relation qu'il y a entre la position du projectile relativement au point T et sa distance à l'observateur.

Prenons pour abscisses la distance au point T, et pour ordonnée sa distance au point O : on aura toujours

$$y^2 = a^2 + x^2 \quad \text{et} \quad y = \sqrt{a^2 + x^2}.$$

On voit immédiatement que cette courbe est une hyperbole : en dérivant on a

$$y' = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

ou

$$(1) \quad dy = \frac{x \cdot dx}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

Pour fixer les idées, prenons un exemple :

Supposons que  $a$  vaille 50 m., et que le mobile ait une vitesse de 500 m. par seconde. Si  $x = 200$  m., on aura :

$$dy = \frac{200 \cdot dx}{\sqrt{42500}} = 0,9701 \, dx$$

Donc en ce point, un déplacement de 1 m. sur la ligne BC entraîne une variation de 0 m. 9701 sur la distance au point O. Or le mobile parcourt 1 m. en 0<sup>s</sup>.002 ; et le son parcourt 0 m. 9701 en 0<sup>s</sup>.00291. Ainsi donc quand la 1<sup>re</sup> position serait le point G et la

2<sup>me</sup> le point M, le son parti de M arriverait en O avant celui qui serait parti de G, il y aurait une différence de 0<sup>s</sup>. 00091, et ainsi de suite pendant un certain temps.

Cependant, il arrivera un moment où le temps employé par le mobile pour parcourir l'espace GM sera égal à la différence des temps nécessaires pour parcourir les 2 lignes GO, MO; c'est alors que le mobile se fera entendre pour la première fois; car les sons qu'il a émis précédemment arriveront seulement plus tard au point O; alors le chemin parcouru pendant un temps  $t$  rapprochera le mobile du point  $o$  d'une quantité égale à celle que le son parcourt pendant le même temps.

Pour trouver cette position, remarquons qu'avec les chiffres adoptés, la vitesse du son est les  $\frac{2}{3}$  de celle du mobile; on devra donc avoir alors  $dy = \frac{2}{3} dx$ ; et l'équation (1) devient :

$$\frac{2}{3} dx = \frac{xdx}{\sqrt{a^2 + x^2}}.$$

D'où

$$\frac{2}{3} = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

ou

$$\frac{4}{9} = \frac{x^2}{a^2 + x^2}$$

D'où

$$x = a \sqrt{\frac{4}{5}} = \frac{2a}{\sqrt{5}}$$

Avec les chiffres précédents on trouve  $x = 44,726$ .

Le mobile franchit cet intervalle en  $0^s.09$ . Donc de tous les sons que le mobile émet pendant sa course, le premier que l'on entend est celui qui se produit quand il est à 44 m. 726 de sa plus grande proximité; mais il est alors à 67 m. 085 du point O. Le son franchit cet intervalle en  $\frac{1}{5}$  de seconde. En  $\frac{1}{5}$  de seconde le mobile parcourt 100 m. Donc quand on commence à l'entendre, il s'éloigne déjà, il est à 55 m. 274 au delà du point où il était à la plus grande proximité.

Une vitesse de 500 m. par seconde est à peu près ce que l'on obtient avec les armes actuelles. Ainsi, quand on entend le sifflement d'une balle, lors même que la balle paraît dirigée vers l'observateur, celui-ci ne court plus aucun danger; la balle a déjà passé dans son voisinage et s'éloigne rapidement.

Voyons maintenant quelles conséquences résultent au point de vue de la gravité du son, du rapport qu'il y a entre la vitesse de celui-ci et la vitesse du mobile.

Si  $x = 40$ , c'est-à-dire si le mobile, en G, est à 40 m. du point de la plus grande proximité, on trouve que pendant qu'il parcourt 1 m. sur la ligne BC, il se rapproche du point O de 0 m. 62. Or le son parcourt 0 m. 62 en  $0^s.00186$ , tandis que pour parcourir 1 m. le mobile reste  $0^s.002$ . Donc l'émission au point M a lieu  $0^s.002$  après qu'elle a eu lieu en G; mais comme le son arrive dans un temps plus court de  $0^s.00186$ , les ondes émises pendant  $0^s.002$  arriveront à l'oreille en  $0^s.00014$ , c'est-à-dire pendant un temps 14 fois plus court. Or  $14 = 2^{3.8}$ . Donc la note produite est 3,8 gammes plus élevée; par conséquent, si le corps sonore donne le *la* avec ses 870 vibrations par seconde, l'oreille entendra 12,180 vibrations par seconde, c'est à peu près le *sol*

*bémol* de la quatrième gamme au-dessus, cela se rapproche du son extrêmement aigu que produisent parfois les ailes de certains insectes. On comprend ainsi que l'on parle du *sifflement* d'une balle.

Si la vitesse d'une balle est supérieure à celle du son, quand elle produit sa première manifestation acoustique elle doit donner un son infiniment aigu. Mais cette acuité diminue rapidement.

Avec les chiffres que nous avons admis, nous avons vu quel est le son produit quand le mobile est à 40 m. du point T. Quand il est à 30 m., on trouve que pendant qu'il parcourt 1 m., il se rapproche du point O de 0 m. 54, c'est-à-dire d'un espace que le son parcourt en 0<sup>s</sup>. 00153. Et en faisant le même raisonnement que plus haut, on trouve que les ondes produites pendant 0<sup>s</sup>. 002 nous parviendront en 0<sup>s</sup>. 00047; c'est-à-dire dans un temps 4,25 fois plus court. Si le corps sonore donne toujours le *la*, on entendra 3,697 vibrations, ce sera à peu près le *la dièze* de la deuxième gamme au-dessus de la gamme naturelle.

En continuant les mêmes calculs, on trouve que le son produit par le mobile lorsqu'il est à 20 m. de T est un son qui aura 1,914 vibrations par seconde; c'est entre le *si naturel* et le *si bémol* de la gamme au-dessus de laquelle le son a été émis. Si le corps sonore est à 10 m. de T on entendra 1,209 vibrations par seconde, c'est à peu près le *ré dièze* de la gamme au-dessus de laquelle il a été émis.

Quand le corps sonore passe en T, ou à la distance minimum, les ondes arrivent à l'oreille avec la grandeur qu'elles avaient au point de départ, la note ne sera pas changée, on entendra le *la*.

Dès ce moment le corps sonore s'éloigne, les ondes arrivent de plus en plus tard à l'oreille, supposée toujours au point O, et les ondes qui se produisent pendant  $0^s.002$  arriveront pendant un temps plus long. On trouve ainsi que quand le mobile est à 40 m. du point T, l'oreille perçoit ces vibrations en  $0^s.002561$ , elle reçoit donc 680 vibrations par seconde, c'est à peu près le *fa bémol*.

En continuant la même recherche pour les autres positions du corps sonore, on trouve que :

Si  $x = 20$ , on entend 559 vibrat., c'est-à-dire le *ré bémol*.

$x = 30$ ,	•	491	•	•	<i>si infér.</i>
------------	---	-----	---	---	------------------

$x = 40$ ,	•	449	•	•	<i>la dièze.</i>
------------	---	-----	---	---	------------------

$x = 50$ ,	•	422	»	•	<i>la bémol.</i>
------------	---	-----	---	---	------------------

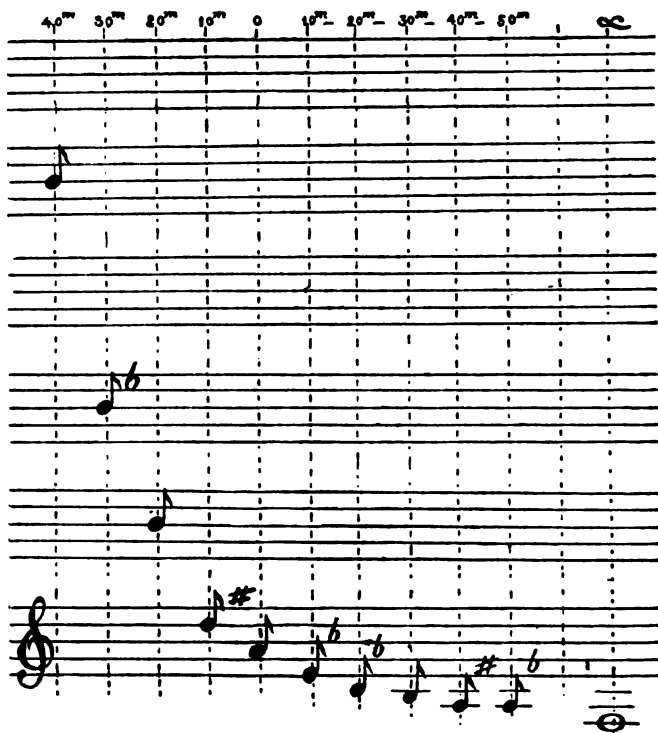
A mesure que le corps sonore s'éloigne, sa distance au point O augmente aussi, et pour un déplacement de 1 m. cette augmentation de distance atteindra son maximum quand  $x$  sera infini ; alors cette augmentation sera pareillement de 1 m.

Or le son parcourt 1 m. en  $0^s.003$  ; donc le son produit pendant  $0^s.002$  sera perçu pendant  $0^s.005$ . Donc au lieu des 870 vibrations du *la*, on entendra seulement alors 348 vibrations par seconde, c'est exactement le *fa* de la gamme inférieure à celle dans laquelle le son a été émis. C'est le son asymptotique vers lequel, en s'abaissant graduellement, tendra l'effet d'un corps sonore qui s'éloignerait dans les conditions que nous avons supposé plus haut.

Afin de bien se rendre compte de cette variation, je reproduis ici la succession des sons tels qu'on les perce-



vrait depuis le point O, quand le corps sonore mobile serait placé dans les circonstances indiquées :



Ici l'expérience confirme la théorie. En 1868, quand pour la première fois je m'occupai de cette question, je pus encore consulter quelques vieux militaires qui avaient fait les guerres du premier empire, et qui, maintes fois, avaient entendu siffler les balles ; ils disaient tous qu'il y avait un grand changement dans le bruit que faisait une balle suivant qu'elle s'approchait ou qu'elle s'éloignait, quand elle s'approchait elle sifflait ; puis

quand elle s'éloignait elle faisait entendre un bruit beaucoup plus *sourd*; et l'un d'eux ajoutait même : quand nous entendions ce bruit sourd, nous disions *cette balle n'est pas pour nous, elle est pour d'autres*. Eh bien à présent, si l'on voulait reprendre l'expression des vieux troupiers de Napoléon I<sup>er</sup>, on pourrait dire, même quand on entend siffler une balle, celle-là n'est pas pour nous.

Nous avons vu que le premier son arrivé au point O, est celui qui est produit par le corps sonore lorsqu'il se trouve à 44 m. 726 de ce point T.

Les sons émis avant ce moment-là arrivent un peu plus tard, en même temps que ceux qui ont été émis en quelque autre point de la ligne MC. Voyons par exemple ce qui arriverait pour un point B situé à 200 m. de T ou à 206 m. 15 du point O. Le calcul montre que pour le son émis en ce point on entendra 1912 vibrations par seconde, c'est le *si bémol* de l'octave supérieur.

Le son parcourt 206 m. 15 en 0<sup>s</sup>. 61845; mais en 0<sup>s</sup>. 61845 le mobile dépasse le point T, on entendra donc le son émis en B en même temps que le son émis en quelque point de la ligne TC. Pour trouver ce point, observons que depuis le point B, tel que nous venons de le considérer, le mobile arrivera en T en 0<sup>s</sup>. 4; ce sera donc 0<sup>s</sup>. 21845 plus tard que le son parti de A arrivera en O. Il faudrait donc trouver sur la ligne TC la position que doit occuper le mobile pour que le son qu'il émet arrive en O; 0<sup>s</sup>. 21845 après le moment où le mobile a passé en T.

En désignant par  $x$  la distance à laquelle il sera alors du point T, et en désignant toujours par  $a$  la distance TO, la valeur de  $x$  sera donnée par l'équation :

$$0,002 z + 0,003 \sqrt{a^2 + z^2} = 0,21845$$

qui donne pour  $z$  les valeurs

$$z = 25,22$$

$$z = - 200$$

La position 200 m. avant le point T a déjà été considérée, lorsque le mobile sera 25 m. 22 au delà, le son qu'il produira sera apprécié en O par la note *do*. Donc alors on entendra le corps sonore dans deux directions à la fois : Dans la direction de B à une distance de 206 m. 15 avec la note *si* de la gamme supérieure ; et dans la direction de C à une distance de 56 m. avec la note *do*, presque 2 octaves au-dessous ; des oreilles exercées saisiraient certainement à la fois les 2 notes.

Il est évident que la théorie précédente permet aussi de résoudre des questions telles que celles-ci : *Un corps sonore donne le la, il commence à s'éloigner, quelle vitesse faudrait-il lui imprimer pour que le son soit apprécié par la note sol ?* Ou bien : *Un corps sonore donne le la, il commence à se rapprocher et l'on apprécie alors ce son au la dièze, de quelle vitesse est-il animé ?*

Pour ce dernier problème, on peut dire, le *la* donne 870 vibrations par seconde, un *dièze* élève ce nombre de  $\frac{1}{24}$ , donc le *la dièze* a 906,25 vibrations par seconde, c'est donc le nombre de vibrations qu'il fait entendre en 1 seconde quand le corps sonore en émet seulement 870 ; pour cela il faut donc que ces 870 vibrations soient perçues en  $\frac{24}{25}$  secondes ; il faut donc que le rapprochement effectué en 1 seconde soit égal au chemin

que le son parcourt en  $\frac{1}{25}$  de seconde ce qui fait  $13 \frac{1}{3}$  m. Ainsi une locomotive qui se rapproche de  $13 \frac{1}{3}$  m. par seconde ou de 800 m. par minute aura son sifflet *dézié* ; on trouverait de même que si elle s'éloignait avec une vitesse de 833 m. par minute son sifflet serait *bémolisé*.

Maintenant, si au lieu de considérer des ondes sonores, nous considérons des ondes lumineuses, nous aurons un phénomène analogue, seulement au lieu d'un changement de note, il y aura un changement de couleur, peut être difficile à apprécier ; mais il y aura aussi un changement dans la position des raies du spectre, changement qu'il sera plus facile de reconnaître.

Ainsi, par le déplacement des raies, on pourra savoir dans quel sens, et avec quelle vitesse le luminaire se meut.

Supposons maintenant une étoile double dont le satellite tourne dans un plan qui passe par la terre. Si, au moyen des principes indiqués plus haut, on parvient à déterminer la vitesse du satellite dans son orbite ; on pourra, d'après la durée de la révolution, en conclure la longueur totale de l'orbite, puis son rayon, puis sa distance à notre soleil.

Et ici, je me permets de rappeler ce que je disais dans le travail cité plus haut (*Mémoires de la Société Vaudoise des sciences naturelles*, année 1868, vol. X. page 1 à 5).

Désignons par  $a$  le nombre de kilomètres que le satellite parcourt dans une seconde, par  $b$  la durée de sa révolution exprimée en secondes, par  $m$  l'angle sous lequel depuis la terre on voit la distance du satellite à l'étoile principale, et par  $d$  la distance en kilomètres de ce système à notre soleil. En faisant abstraction pour le moment de l'excentricité de l'orbite du satellite, la longueur de

cette orbite sera exprimée par  $ab$ , son rayon sera donc  $\frac{ab}{2\pi}$  et l'on aura enfin :

$$d = \frac{ab}{2\pi \cdot \text{tang } m}$$

Mais si l'on ne constate aucune différence dans les raies du spectre suivant que le satellite se rapproche ou s'éloigne de nous, on pourra en conclure que sa vitesse dans son orbite est inférieure à celle qui amènerait ce changement dans le spectre ; et que la distance du système lui-même est inférieure à celle qui amènerait ce déplacement des raies. Par conséquent si l'on constate une différence, on peut en conclure la distance de l'étoile ; et si l'on n'en constate point, on peut en conclure une distance maximum en deçà de laquelle l'étoile se trouve nécessairement.

Dans ce qui précède, nous avons supposé pour plus de simplicité, que le plan de l'orbite du satellite passait par la terre, il est facile de voir quelle modification doit subir le calcul lorsqu'il n'en est pas ainsi.

Dans les derniers temps, on a constaté le déplacement des raies pour l'étoile Algool et pour l'étoile Mizar dans la constellation de la Grande-Ourse. Pour Mizar, on a trouvé pour la vitesse de translation 160 kilomètres par seconde ; et comme la durée de cette translation paraît être de 104 jours, on en conclut que la circonférence parcourue est de 1500 millions de kilomètres, ou 240 millions de kilomètres pour la distance de l'étoile à son satellite (*Revue Mensuelle d'Astronomie populaire* de Flammarion, n° de mars 1890, page 94).

Malheureusement, il paraît qu'un de ces astres est

un astre obscur, de façon que leur distance apparente n'a pu encore être mesurée ; c'est ce qui a empêché d'appliquer la formule ci-dessus pour calculer la distance qui sépare notre soleil de ce système binaire. Toutefois, il est possible, que d'une manière ou d'une autre, cette difficulté soit levée ; et alors la distance de l'étoile Mizar pourra facilement être calculée.

Dans tous les cas, il sera intéressant de calculer la distance d'une étoile sans avoir recours à l'antique méthode des parallaxes, et en utilisant seulement les propriétés les plus intimes de la lumière.

Mais c'est un fait assez curieux que cette conséquence, pour le régime des ondes, du déplacement d'un corps vibrant, permette de déterminer, soit le changement de note que donne un projectile quand il s'agit des ondes sonores, soit de fournir un nouveau moyen de déterminer la distance des étoiles s'il s'agit d'ondes lumineuses.

---

SUR LES  
HYDRURES DE FLUORÈNE

PAR

M. Philippe-A. GUYE

---

Les produits d'hydrogénation du fluorène ont été étudiés pour la première fois par MM. Berthelot et Barbier<sup>1</sup>. Plus récemment, MM. Liebermann et Spiegel<sup>2</sup> ont signalé un perhydrure de la formule  $C^1H^1H^1$ .

Ces savants ont porté leur attention sur les corps qui prennent naissance lorsqu'on traite le fluorène par un excès d'acide iodhydrique employé seul ou en présence de phosphore rouge.

Comme complément à des recherches sur l'action réductrice de l'acide iodhydrique<sup>3</sup>, j'avais entrepris de préparer des hydrures de fluorène moins riches en hydrogène que ceux obtenus jusqu'à présent. D'autres travaux m'empêchant actuellement de poursuivre cette étude, je crois cependant bien faire en en publiant les premiers résultats.

<sup>1</sup> Berthelot et Barbier, *Ann. Chim. Phys.* (5), t. 7, p. 510.

<sup>2</sup> Liebermann et Spiegel, *Chem. Ber.*, t. 22, p. 779.

<sup>3</sup> Guye, *Arch. des sc. de Genève*, 1884.

Chauffé pendant sept à huit heures dans un tube scellé, à 250-260°, avec l'acide iodhydrique et le phosphore rouge (proportions par tube : 3<sup>gr</sup>,6 C<sup>13</sup>H<sup>10</sup>, 3<sup>gr</sup> Ph, 8<sup>gr</sup>,5 à 9<sup>gr</sup> solution IH,  $d = 1,7$ ), le fluorène se transforme en un liquide représentant environ les 85 centièmes de son poids.

Ce liquide peut être séparé et distillé directement. Mais il y a quelque avantage à extraire par l'éther le contenu des tubes scellés, à évaporer ensuite ce dissolvant et à séparer par une distillation fractionnée les hydrocarbures qui constituent le résidu d'évaporation de la solution étherée. Pour mener à bonne fin cette distillation, il convient d'introduire dans le ballon un peu de sodium métallique. On retient ainsi les traces d'iode qui restent dans le mélange.

Le fluorène employé dans une première série d'expériences fondait à 112°. Malgré ce caractère apparent de pureté, il contenait un peu de phénanthrène, ainsi que j'ai pu le constater dans la suite de ces recherches. Les produits d'hydrogénation ont donc été séparés, par distillation fractionnée, en trois portions :

1° Un hydrocarbure liquide passant entre 254-256° (thermomètre dans la vapeur jusqu'à 160°,  $H = 727$ ) auquel l'analyse assigne la formule d'un décahydure de fluorène.

	Trouvé.		Calculé pour C <sup>13</sup> H <sup>10</sup> H <sup>10</sup>
	I.	II.	
C. ....	88.3	88.6	88.6
H. ....	11.4	11.5	11.4

C'est un corps plus léger que l'eau, très soluble dans l'éther et la benzine, possédant une odeur pénétrante



voisine de celle du diphénylméthane, un peu fluorescent (violet); encore liquide à  $-15^{\circ}$ , il se prend instantanément en une masse cristalline blanche lorsqu'on le plonge dans une enceinte refroidie à  $-73^{\circ}$  par un bain d'acide carbonique solide. Cet hydrure est oxydable à l'air libre, mais beaucoup moins que les hydrures de naphthaline.

2° Un hydrocarbure liquide distillant entre  $272$  et  $275^{\circ}$  qui, par tous ses caractères, ressemble beaucoup au précédent, mais dont la composition centésimale est celle d'un octohydrure de fluorène.

	Trouvé.	Calculé pour $C^{10}H^{10}H^8$
C.....	89.4	89.7
H.....	10.5	10.3

Sa densité de vapeur a été déterminée par la méthode de V. Meyer à la température d'ébullition de la diphénylamine :

Densité trouvée.	Calculée pour $C^{10}H^{10}H^8$
5.9	6.0

3° Un hydrocarbure liquide bouillant vers  $290^{\circ}$ , qui donne à l'analyse des résultats conformes à ceux que réclame la formule d'un octohydrure de phénanthrène :

	Trouvé	Calculé pour $C^{14}H^{10}H^8$
C.....	90.0	90.3
H.....	10.0	9.7

Ce corps doit être l'octohydrure de phénanthrène volatil en dessous de  $300^{\circ}$ , signalé par M. Græbe <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Græbe, *Liebigs Annalen*, t. 67, p. 140.

Tandis que les deux premiers composés constituaient la majeure partie du produit brut de la réaction, le dernier n'a été obtenu qu'en petite quantité. Voici les raisons qui me font admettre que c'est bien un dérivé du phénanthrène.

D'une part, la présence du phénanthrène a été nettement constatée dans le fluorène qui avait servi à ces premières expériences. D'autre part, après avoir soigneusement purifié ce produit par cristallisation et finalement par distillation fractionnée, je l'ai soumis de nouveau à l'action réductrice de l'acide iodhydrique et du phosphore dans les mêmes conditions que précédemment. Je n'ai ainsi obtenu que les deux hydrures de fluorènes mentionnés plus haut, qui ont été caractérisés par leurs points d'ébullition respectifs et, à titre de contrôle, par l'analyse de l'un d'entre eux, le décahydrure.

	Trouvé.	Calculé pour $C^{10}H^{10}H^{10}$
C . . . . .	88.2	88.6
H . . . . .	11.5	11.4

Je crois donc pouvoir conclure de ces résultats que dans les conditions où j'ai opéré, le fluorène est nettement transformé en un mélange d'octohydrure et de décahydrure<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ces recherches, commencées au laboratoire de M. Græbe, à Genève, ont été achevées au laboratoire de M. Friedel à Paris.

COMPOSITION  
DE LA  
SERPENTINE DU GEISSPFAD  
(VALLÉE DE BINN)

PAR  
**L. DUPARC et P. PICCINELLI**

---

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève  
dans sa séance du 7 août 1890.

---

Pendant une excursion effectuée l'an dernier en juillet dans la vallée de Binn, nous avons eu l'occasion de visiter le gisement de serpentine du Geisspfad et d'en rapporter quelques échantillons que nous avons analysés dans la suite.

Ce gisement, mentionné sans grands détails par Gerlach, entièrement intercalé dans le gneiss, est relativement très étendu. C'est à notre connaissance le dernier qui se rencontre dans la partie méridionale des Alpes du Haut-Valais. Facilement accessible du côté suisse, il présente sur ce versant la forme d'un cirque (souvent rempli de neige à cette époque de l'année) dont le fond est occupé par le lac de Geisspfad. Le versant italien est nettement délimité par une arête qui comprend plusieurs sommets de moindre importance (Rothorn) et qui s'abaisse au col du Geisspfad pour remonter ensuite. Ce versant qui regarde Devero est escarpé, surtout dans la partie sud-

ouest; il est cependant accessible plus au sud où se trouve le passage. De nombreux éboulis de cette serpentine se rencontrent soit en descendant sur Devero, soit du côté suisse dans la petite vallée dominée par le Geisspfad, qui porte le nom de Maniboden. Du reste la serpentine en blocs éboulés ou d'origine erratique se retrouve dans toute la partie inférieure de la vallée de Binn; on en voit de fort beaux exemplaires dans le lit de la Binna.

Partout la serpentine se montre altérée à la surface; elle prend une teinte rougeâtre par suite d'une transformation (oxydation) généralement superficielle, d'autres fois plus profonde. C'est précisément cette coloration qui permet de distinguer de loin déjà les sommets composés de serpentine de leurs voisins généralement gneissiques ou formés par des schistes amphiboliques. Cette décomposition est du reste facilitée par les nombreuses fissures qui sillonnent la serpentine dans son ensemble et qui favorisent exceptionnellement l'action de l'érosion atmosphérique sur cette roche. Le Rothorn, par exemple, qui doit à cette érosion son aspect déchiqueté, paraît formé par une série de rocs aigus empilés sans ordre.

Ces fissures se remarquent aussi sur les belles roches polies que l'on observe immédiatement en descendant le Geisspfad sur le versant italien, roches qui prouvent surabondamment l'origine glaciaire du col en question. Ces fissures ne nous ont pas semblé avoir d'orientation bien déterminée. La serpentine la plus belle et la plus compacte se trouve dans le voisinage immédiat du lac, c'est-à-dire à peu près au centre du gisement. Sur le versant italien elle paraît plus schisteuse, en outre fortement décomposée, et montre en divers endroits des intercalations de chlorite de quelques centimètres d'épaisseur que nous n'avons pas retrouvées du côté suisse.

Gerlach mentionne déjà certains gisements alpins chez lesquels il a observé que le milieu est plus compact que les bords.

Les échantillons que nous avons examinés proviennent exclusivement du versant suisse. Ils ont été pris en partie sur place, en partie aussi dans les éboulis du Maniboden, et réunissent les différents types que nous avons eu l'occasion de remarquer.

Bien que leur homogénéité et leur structure présentent certaines différences, leur composition chimique, sauf dans un cas, s'écarte assez peu d'un fragment à l'autre. La silice se trouve dans ces serpentines à raison de 38—40 % (le chiffre moyen donné pour la serpentine commune est de 40—44 %). Les oxydes de fer alumine et chrome réunis y varient entre 13—15 %. L'oxyde ferreux dans la règle prédomine toujours sur l'oxyde ferrique, sauf dans un seul exemplaire que son état de décomposition met à part.

Le chrome est toujours partie constituante, même en assez forte proportion ; la magnésie à raison de 32—34 %, et enfin l'eau 10—12 %. Voici du reste la composition détaillée des échantillons étudiés.

#### *I. Serpentine (prise un peu au nord du lac de Geisspfad).*

L'échantillon est compact, d'un vert foncé avec taches plus claires ; la structure en est très finement grenue, la poussière vert clair. Cette coloration disparaît quand on la calcine à air libre et devient jaunâtre. En tube fermé elle dégage de l'eau et devient grisâtre. Au chalumeau, en minces éclats elle est infusible. Sur le charbon, avec le nitrate de cobalt, elle prend une légère teinte chair.

L'échantillon est presque entièrement attaqué par les acides chlorhydrique et sulfurique, et ne renferme pas de carbonates.

Dureté = 6

Densité = 2,73

Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	39,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	4,29
FeO	=	5,84
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,65
MgO	=	32,62
CaO	=	2,02
H <sub>2</sub> O	=	11,25
		<hr/>
		100,44

## II. *Serpentine (au bord du lac de Geisspfad).*

Même structure et réactions que I.

Dureté = 6

Densité = 2,70

Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	38,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	4,26
FeO	=	5,32
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,99
MgO	=	33,89
CaO	=	2,00
H <sub>2</sub> O	=	10,97
		<hr/>
		99,81

III. *Serpentine (Geisspf. pass. avant d'arriver au lac).*

Réactions comme I et II.

Dureté = 6                  Densité = 2,71

Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	38,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3,22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	4,29
FeO	=	5,46
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2,06
MgO	=	34,22
CaO	=	2,37
H <sub>2</sub> O	=	10,81
		<hr/>
		100,66

IV. *Serpentine (Geisspfad pass.).*

L'échantillon en question est de couleur claire, de structure lamellaire, doux au toucher. Il fait effervescence avec les acides et paraît décomposé.

Dureté = 2,5                  Densité = 2,72

Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	35,89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	4,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	8,23
FeO	=	3,64
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2,30
MgO	=	30,06
CaO	=	5,35
H <sub>2</sub> O	=	9,37
CO <sub>2</sub>	=	0,60
		<hr/>
		99,75

V. *Serpentine (dans les éboulis du Maniboden).*

Cet échantillon est semblable aux trois premiers du lac de Geisspfad et Geisspfad pass.

Dureté = 6      Densité = 2,69

Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	40,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3,31
FeO	=	4,97
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,32
MgO	=	34,70
CaO	=	2,61
H <sub>2</sub> O	=	11,64
		<hr/>
		101,64

VI. *Serpentine (éboulis de Maniboden).*

L'échantillon est schisteux, rude au toucher.

Dureté = 6      Densité = 2,71

Analyse :

SiO <sub>2</sub>	=	40,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	3,34
FeO	=	5,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1,52
MgO	=	34,97
CaO	=	2,22
H <sub>2</sub> O	=	11,73
		<hr/>
		101,75



**RECHERCHES**  
**SUR**  
**L'INFLUENCE DE LA SENSIBILITÉ GÉNÉRALE**  
**SUR QUELQUES FONCTIONS DE L'ORGANISME**

**PAR**  
**Catherine SCHIPILOFF**

(Suite.) <sup>1</sup>

---

**III**

**INFLUENCE DE LA SECTION DE TOUTES LES RACINES SENSIBLES**  
**SUR LA RESPIRATION.**

**TEMPORARIA.**

*1<sup>re</sup> opération.* Le canal rachidien est ouvert et, des deux côtés, toutes les racines sensibles sont coupées : nerf trijumeau, nerf vague et I, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX et X racines postérieures spinales; les deux grosses racines sensibles des nerfs brachiaux (II racine spinale) sont conservées des deux côtés.

Cette grenouille a un œil légèrement enfoncé dans l'orbite, l'autre œil est normalement élevé.

La sensibilité a disparu partout sauf aux pattes antérieures; les mouvements réflexes s'exécutent normalement et la respiration s'effectue très complètement.

<sup>1</sup> Pour la première partie de ce mémoire voir au n° précédent, p. 149.

*2<sup>me</sup> opération.* Après deux jours, je sectionne la racine du brachial gauche, la respiration devient plus accélérée au moment de la section, mais ensuite elle reprend son rythme.

On remarque une forte dilatation pupillaire de suite après la section, mais elle dure peu et les pupilles redeviennent normales.

J'attends une heure, la grenouille continue à respirer très bien, peut-être les mouvements respiratoires sont-ils un peu plus fréquents que normalement.

*3<sup>me</sup> opération.* Puis je coupe sans éthériser la racine du brachial droit. Après quelques respirations successives très fréquentes, la respiration cesse tout d'un coup, et l'animal, bien que restant en vie, ne respire plus jamais.

Il vit deux jours pendant lesquels le cœur bat bien, mais aucune irritation du corps entier n'est plus perçue et la respiration ne revient plus du tout; les pupilles sont contractées. Il meurt au bout du troisième jour en s'éteignant peu à peu.

Mais où sont les preuves que pendant ces trois jours l'animal était en effet vivant et non mort comme son aspect pouvait le faire croire?

D'abord, le cœur bat bien et les pulsations sont fortes et fréquentes ainsi qu'on peut s'en assurer en serrant légèrement la poitrine de la grenouille entre deux doigts.

En observant au microscope la membrane natatoire, on voit que la circulation périphérique s'effectue très bien aussi.

Chez cette grenouille, les bouts des racines attenant à la moelle sont sensibles et leur excitation provoque des mouvements réflexes dans les membres.

Il existe dans la moelle la sensibilité dite récurrente. M. le professeur Schiff a démontré l'existence de cette sensibilité récurrente dans les cordons antérieurs de la moelle.

Il suffit de sacrifier une grenouille ainsi privée de la totalité des nerfs sensibles et on peut mettre en évidence cette sensibilité et provoquer des mouvements réflexes en excitant les cordons antérieurs par l'électricité. Pour cela, il faut renverser la moelle sur elle-même après avoir sectionné les racines motrices attenant à son bout postérieur. L'application sur les cordons antérieurs de l'électrode d'un courant induit unipolaire donne lieu à des mouvements réflexes dans la partie antérieure du corps.

Enfin, dernière preuve: les pupilles sont fortement contractées, mais si on enferme la grenouille dans une boîte noire où l'obscurité est complète, elles se dilatent très lentement, ainsi qu'on peut s'en assurer en ouvrant la boîte de temps en temps.

Prenons maintenant un œil de grenouille énucléé, par conséquent privé de tous ses nerfs; à la lumière, la pupille de cet œil est aussi excessivement étroite, mais dès qu'on place l'œil dans la boîte noire, la pupille se dilate au bout de quelques instants.

La différence est très notable entre ces deux yeux et montre une certaine activité nerveuse chez les grenouilles dont les racines sensibles ont été sectionnées.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Des deux côtés les nerfs sensibles sont coupés: trijumeau, vague, I, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX et X racines postérieures spinales, la grosse racine sensible du brachial (II racine spinale) est laissée des deux côtés.

La grenouille n'a aucun point sensible du corps, sauf ceux correspondant aux ramifications du brachial; elle tient les yeux ouverts; les pupilles sont normales, la respiration est bonne, les narines se meuvent très bien.

*2<sup>me</sup> opération.* Je lui coupe une des racines, la gauche: elle fait quelques respirations fortes, puis celles-ci reprennent leurs train; les pupilles dilatées énormément pendant la section redeviennent normales.

*3<sup>me</sup> opération.* J'attends deux jours, puis je coupe sans éthériser la racine droite; l'animal fait quelques respirations profondes au moment de la section, les pupilles se dilatent subitement, puis, tout d'un coup, la respiration cesse entièrement et pour toujours, les pupilles se contractent beaucoup, et l'animal, bien qu'il vive encore pendant quatre jours, ne se remet plus à respirer. Il meurt peu à peu à la fin du quatrième jour.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Tous les nerfs sensibles sont coupés des deux côtés: trijumeau, vague, I, II, III, IV, V, VI, VIII, IX et X racines sensibles spinales. Les deux grosses racines des extrémités postérieures (VII racine spinale) sont conservées. Le lendemain, il y a anesthésie complète de toute la partie antérieure du corps, de l'abdomen et de la peau du dos.

Les yeux sont normalement élevés et ouverts, les pupilles normales.

La respiration se fait bien; les narines, la membrane jugulaire et les parois abdominales se meuvent normalement.

**2<sup>me</sup> opération.** Je coupe le deuxième jour, sans éthérisation, la racine de gauche, les respirations deviennent subitement plus fréquentes, et puis, après quelques minutes, reprennent leur rythme assez lent. Les pupilles se sont beaucoup dilatées pendant la section, — peu à peu elles reprennent leur diamètre ordinaire.

**3<sup>me</sup> opération.** J'attends deux heures et demie, puis je coupe la racine de droite. Cette irritation est suivie de quelques fortes respirations, lesquelles cessent ensuite et pour toujours; aucune excitation du corps ne peut plus les ranimer, l'excitabilité du corps étant entièrement abolie.

Les pupilles deviennent étroites et restent ainsi très contractées pendant les trois jours et demi que vit l'animal. Il meurt au quatrième jour. A l'autopsie, on constate que toutes les racines sensibles ont été coupées.

Chez cette grenouille, comme chez la précédente, et toujours quand je fais ce genre d'opérations, je constate que les battements des cœurs lymphatiques se continuaient normalement jusqu'au moment de la section de la dernière racine sensible, — alors les pulsations continuaient encore, mais n'avaient plus leur rythme normal et se faisaient sans ordre et sans ensemble. Cela durait pendant tout le reste de la vie de l'animal.

#### TEMPORARIA.

Je veux que cette grenouille vive plus longtemps. Pour cela, au lieu de couper toutes les racines sensibles sur tout le corps, je ne les coupe que dans la partie antérieure du corps, et je sectionne la moelle épinière derrière la dernière racine sectionnée.

**1<sup>re</sup> opération.** Je coupe chez cette grenouille des deux côtés tous les nerfs sensibles jusqu'au VII<sup>me</sup> nerf spinal: trijumeau, vague, I, II, III, IV, V et VI racines spinales postérieures.

Je laisse se rétablir l'animal, il vit bien pendant trois jours, et tous les mouvements respiratoires s'effectuent très normalement.

Les yeux sont élevés et ouverts, mais totalement insensibles.

**2<sup>me</sup> opération.** Je coupe alors sans éthérisation la moelle transversalement derrière la VI racine spinale; après quelques respirations très énergiques et fréquentes, la respiration cesse pour toujours.

L'animal vit pendant quatre mois et demi sans respirer du tout; la circulation se fait très bien.

Les pupilles restent toujours très petites mais pas aussi rétrécies que dans les quinze premiers jours.

## TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Je fais chez cette grenouille exactement la même opération et suivant le même procédé.

L'animal respire bien.

*2<sup>me</sup> opération.* Après la section de la moelle derrière le VI<sup>e</sup> nerf spinal, la respiration cesse pour toujours ; elle se faisait très bien avant cette dernière section.

Cette grenouille vit pendant quatre mois, et tout le temps sans respiration.

Les pupilles sont très petites, mais pas aussi petites que pendant les dix premiers jours qui suivent la section de la moelle.

## IV

TOUTS LES NERFS SENSIBLES ONT-ILS LA MÊME VALEUR AU POINT DE VUE DE LA PRODUCTION DU RÉFLEXE RESPIRATOIRE, OU BIEN Y EN A-T-IL QUELQUES-UNS DONT L'ACTIVITÉ PRÉVAUT SUR D'AUTRES ?

C'est une question assez difficile à résoudre, car, ainsi que nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, toutes les racines sensibles s'étaient montrées également actives, et l'hypéresthésie qu'on remarque dans les dernières racines sensibles conservées après la destruction de toutes les autres, explique comment chaque racine sensible peut à son tour acquérir une importance considérable, lors même que pendant la vie normale elle ne possédait peut-être pas cette influence.

C'est par un pur hasard que j'ai été amené à pouvoir étudier cette question de la hiérarchie des nerfs sensibles sur des grenouilles d'apparence normale.

Je faisais des expériences en hiver. Les grenouilles

étaient prises au commencement de décembre dans des marais que les gelées commençaient à atteindre, mais qui n'étaient pas encore entièrement pris par la glace, l'hiver ayant tardé à s'établir définitivement

Ces grenouilles étaient d'aspect normal, quoique peut-être moins vives dans leurs allures.

Chez ces grenouilles la section de quelques-unes des racines sensibles suffisait pour suspendre définitivement tout mouvement respiratoire.

Ces animaux, parfaitement remis du reste de leur opération, continuaient à vivre très bien pendant des mois, sans jamais présenter aucun mouvement spontané de respiration ; cependant on pouvait provoquer chez eux, par l'excitation mécanique ou électrique des autres nerfs sensibles, une ou plusieurs respirations qui se faisaient d'une façon très régulière et normale avec le concours des divers mouvements respiratoires dont nous avons parlé plus haut.

Si on donnait à ces grenouilles une très petite dose de strychnine, de manière à augmenter leur activité réflexe sans donner lieu à des secousses tétaniques, on pouvait alors voir revenir par intervalles les mouvements respiratoires en apparence spontanés ; dans les intervalles de repos, le moindre attouchement suffisait pour les provoquer, et ils pouvaient alors durer plusieurs minutes. Une fois la dose de strychnine éliminée du corps, la grenouille cessait de respirer spontanément et il fallait de nouveau avoir recours à des excitations assez énergiques pour provoquer les respirations.

J'ai aussi observé quelques cas où aucune excitation ne pouvait plus provoquer la respiration sans le secours de la strychnisation faible ; et d'autres où la respiration avait cessé pour toujours.

Bien que j'eusse examiné un grand nombre de grenouilles de même provenance, je n'ai trouvé que quelques individus présentant cette prédominance de certains nerfs sensibles sur les autres, ces cas sont rares et intéressants; je vais donc les décrire d'une manière plus complète.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération*; des deux côtés la racine du nerf trijumeau est coupée.

L'animal tient les yeux normalement élevés et ouverts, donc le filet du facial n'a pas été atteint, mais l'insensibilité est complète sur toute la tête.

La respiration se fait très normalement.

*2<sup>me</sup> opération*: je coupe des deux côtés la grosse et la petite racine sensible du nerf brachial. La respiration ne revient plus spontanément chez cette grenouille.

L'animal paraît se bien porter, il est alerte et vit pendant tout l'hiver sans jamais présenter le moindre mouvement respiratoire à quelque moment du jour qu'on l'examine. Je le laisse sauter par terre, je lui touche délicatement la peau, mais tout cela ne provoque point de mouvements respiratoires.

Mais si on prend vivement la grenouille avec la main, ou si on lui presse fortement les pattes postérieures en prenant les orteils avec les doigts, elle fait deux ou trois respirations énergiques et très complètes et puis la respiration cesse, même si on continue à la tenir dans la main. Mais si on attend quelques moments et qu'on renouvelle l'excitation avec une certaine force, les mouvements respiratoires reviennent et on peut quelquefois obtenir jusqu'à 6 respirations consécutives.

Je donne un peu de strychnine à l'animal, mais une dose très faible, n'amenant point de crises tétaniques; on voit alors que pendant le repos il ne respire pas, mais la moindre excitation cutanée provoque une série de mouvements respiratoires très complets; le nombre de ces respirations peut aller de 1 à 4 ou 5, selon l'intensité et la durée de l'excitation.

Je laisse vivre cette grenouille pendant très longtemps, et je la tue en l'éthérisant à mort à la seizième semaine après la première opération; pendant tout ce long laps de temps, cet animal n'a jamais repris spontanément les mouvements respiratoires.

## TEMPORARIA.

*Opération* : des deux côtés la racine du nerf trijumeau est coupée.

L'animal tient les yeux d'une manière normale, donc le facial n'est pas atteint, mais la respiration a cessé définitivement. Chez cette grenouille même les excitations fortes telles que saisir la grenouille brusquement avec la main ou pincer le bout des orteils, ne provoquent pas de mouvements respiratoires, mais si on lui donne une petite dose de strychnine alors des excitations de force moyenne peuvent donner lieu à une ou deux respirations.

L'excitabilité de la moelle est du reste tout à fait normale chez cette grenouille et un léger chatouillement des quatre pattes ou du dos lui fait exécuter des mouvements de fuite tout à fait normaux. Cependant, en général, elle bouge peu et reste des journées entières sans changer de place, à moins de recevoir quelque excitation du dehors.

Je la laisse vivre trois mois; elle reste tout l'hiver dans le même état, quoique paraissant d'ailleurs bien portante; jamais elle ne présente la moindre trace de respiration spontanée; au bout de ce temps, je la tue par l'éthérisation.

## TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Des deux côtés je coupe les racines du nerf vague et la racine supérieure du nerf hypoglosse. Sauf quelques particularités dans les mouvements du larynx, conséquences de la section du nerf vague dont nous avons parlé plus haut, la respiration s'effectue très bien.

*2<sup>me</sup> opération.* Le troisième jour, je coupe des deux côtés les deux racines postérieures du nerf brachial.

La grenouille continue à bien respirer.

*3<sup>me</sup> opération.* Le cinquième jour, des deux côtés, je coupe la racine du nerf trijumeau.

Après cette opération, la grenouille paraît normale d'apparence et tient les yeux bien élevés et ouverts, mais la respiration cesse, et ne reprend plus jamais spontanément. Si on excite l'animal assez fortement, il fait encore une ou deux respirations, mais assez faibles. La strychnisation faible rend les mouvements respiratoires plus faciles à provoquer, mais jamais, même dans la strychn-



nisation, la respiration ne vient spontanément, toujours il faut une excitation cutanée assez forte.

Je l'éthérise à mort après 14 semaines.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Des deux côtés je sectionne la racine du nerf trijumeau.

L'animal tient les yeux normalement élevés et respire très bien.

*2<sup>me</sup> opération.* Le quatrième jour, je coupe des deux côtés la racine du nerf vague et la racine postérieure du nerf hypoglosse.

La respiration continue très bien.

*3<sup>me</sup> opération.* Le dixième jour, je sectionne des deux côtés les deux racines du nerf brachial. Après cette opération, la respiration ne recommence plus spontanément, elle a cessé pour toujours. Mais si l'on excite l'animal fortement, il exécute une ou deux respirations très normales. La strychnisation augmente la facilité de provoquer les respirations.

L'animal vit pendant tout l'hiver sans reprendre les respirations spontanées; je l'éthérise à mort à la fin du quatrième mois. L'autopsie montre qu'il n'y a pas eu de régénérescence.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Section bilatérale de la racine du nerf trijumeau.

La respiration continue.

*2<sup>me</sup> opération.* Quatrième jour. Section bilatérale des deux racines sensibles du nerf brachial.

La respiration continue.

*3<sup>me</sup> opération.* Onzième jour. Je sectionne des deux côtés les racines postérieures des deux premiers nerfs splanchniques (IV et V racines spinales).

La respiration continue.

*4<sup>me</sup> opération.* Quinzième jour. Section bilatérale des racines postérieures des VI<sup>me</sup> et VII<sup>me</sup> nerfs spinaux.

La respiration cesse et ne reprend plus spontanément. Il faut une excitation très forte des orteils pour amener quelquefois une respiration, encore ces mouvements respiratoires sont incomplets en ce sens que la respiration de la glotte et des narines peuvent seules être ainsi provoquées, mais les respirations abdominales ont cessé pour toujours, il faut une assez forte strychnisation pour

amener une respiration abdominale par excitation, et encore sont-elles fort rares.

L'animal vit pendant trois mois; je le tue la dixième semaine par l'éther.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Section bilatérale de la racine du nerf trijumeau. La respiration continue.

*2<sup>me</sup> opération.* Troisième jour. Section bilatérale des racines du nerf vague.

La respiration continue.

*3<sup>me</sup> opération.* Sixième jour. Section bilatérale des deux racines du nerf brachial.

La respiration spontanée cesse après cette opération. Mais les excitations assez fortes peuvent encore la provoquer, et la strychnine facilite beaucoup ce phénomène.

Je tue l'animal à la fin du second mois.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Section bilatérale de la racine du nerf vague.

La respiration continue.

*2<sup>me</sup> opération.* Faite le lendemain. Section bilatérale des deux racines postérieures du nerf brachial.

La respiration continue.

*3<sup>me</sup> opération.* Faite le dixième jour. Section bilatérale de la racine postérieure du nerf hypoglosse.

La respiration continue.

*4<sup>me</sup> opération.* Faite le quinzième jour. Je sectionne des deux côtés la racine du nerf trijumeau. Après cette opération, la respiration cesse de se faire spontanément, mais peut encore être provoquée par des excitations de moyenne force, surtout pendant la strychnisation.

La grenouille est alerte et normale.

L'animal est tué à la fin du second mois.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Section bilatérale de la racine du nerf vague et de la racine postérieure du nerf hypoglosse.

La respiration continue.

*2<sup>me</sup> opération.* Faite le quatrième jour. Des deux côtés je sectionne les deux racines postérieures du nerf brachial, ainsi que les racines postérieures des deux premiers nerfs splanchniques.

La respiration continue.

*3<sup>me</sup> opération.* Faite le neuvième jour. Section bilatérale de la racine du nerf trijumeau.

L'animal tient les yeux normalement ouverts, mais la respiration a cessé.

Elle peut être provoquée par des excitations fortes, mais cela se borne à un ou deux mouvements de la membrane jugulaire et des narines, je ne parviens pas à ramener les respirations abdominales, même pendant la strychnisation elles font défaut.

L'autopsie, faite deux mois après l'opération, montre que les racines antérieures des nerfs splanchniques sont intactes, on ne peut du reste pas imputer au défaut de fonctionnement de ces racines l'absence des respirations abdominales, car elles avaient lieu parfaitement bien après la section des racines postérieures de ces nerfs et n'ont cessé qu'après la section des nerfs trijumeaux.

#### RANA ESCULENTA.

*Opération.* Section bilatérale de la racine du nerf vague.

L'animal, après l'opération, a l'air tout à fait bien portant et ne présente aucune complication ni trouble dans ses mouvements; mais la respiration spontanée ne se rétablit pas, elle a cessé définitivement. Cependant, si l'on saisit brusquement l'animal dans la main, il exécute un ou deux mouvements respiratoires de la membrane jugulaire, mais c'est tout.

J'ai laissé vivre l'animal pendant neuf semaines et durant tout ce temps je n'ai jamais pu observer le plus petit mouvement respiratoire spontané.

#### RANA TEMPORARIA.

*Opération.* La racine du nerf vague est sectionnée des deux côtés.

Cette grenouille, comme la précédente, se porte très bien, mais ne respire jamais, ni spontanément, ni même après excitation. La respiration a cessé définitivement. J'ai laissé vivre cette grenouille

plus de trois mois et jamais je n'ai remarqué aucun mouvement respiratoire.

Il faut dire que ces deux grenouilles menaient en général une vie très sédentaire et ne se monvaient guère à moins qu'on ne vienne les déranger ; mais tous les mouvements étaient parfaitement conservés.

C'est la dernière grenouille que j'ai pu trouver dans la quantité de grenouilles que j'ai examinées, qui présentait le phénomène, fort rare d'ailleurs, de la respiration cessant de s'effectuer spontanément après la section de quelques racines sensibles et malgré la conservation d'autres racines sensibles du corps.

Il est impossible d'établir une prévalence absolue de certains nerfs sensibles sur les autres, au point de vue de la respiration, toutefois il me semble qu'il faut accorder au nerf trijumeau et au nerf vague une importance plus considérable.

Un fait curieux à noter est celui de la plus grande facilité avec laquelle s'effectuent les mouvements respiratoires de la membrane jugulaire seule, comparés aux mouvements respiratoires complets avec le concours des parois abdominales ; il faut une plus grande excitation pour les provoquer ou bien une somme d'excitation plus considérable que pour les deux autres mouvements. Du reste, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, dans un grand nombre de cas chez des grenouilles tout à fait normales, j'ai vu les respirations abdominales être très rares et se succéder à de très longs intervalles pendant lesquels la respiration de la glotte fonctionnait seule.

J'ajouterai que chez ces grenouilles où la respiration

<sup>1</sup> Loc. cit.

spontanée manquait, malgré la présence de certaines racines sensibles, les autres réflexes avaient lieu normalement ; par exemple le mouvement rythmique des cœurs lymphatiques était parfaitement bien conservé,

Je dirai aussi quelques mots des pupilles, car j'ai traité ce sujet tout au long dans un autre travail '. Chez ces grenouilles les pupilles semblaient normales, dans deux cas cependant elles étaient plus étroites que d'ordinaire : c'était chez les grenouilles où les respirations étaient très difficiles à provoquer et où la respiration abdominale manquait tout à fait. Pendant les excitations appliquées aux grenouilles pour provoquer les respirations, les pupilles se dilataient beaucoup ; il en était de même pendant la strychnisation.

## V

### CHEZ LES GRENOUILLES PRIVÉES DE LA TOTALITÉ DES NERFS SENSIBLES TOUT RÉFLEXE RESPIRATOIRE EST-IL A JAMAIS ÉTEINT?

Nous avons déjà démontré plus haut que malgré l'apparence de mort, la grenouille dont toutes les racines sensibles ont été sectionnées est vivante, s'il existait encore le moindre doute à ce sujet, les expériences que je vais décrire nous donneront une dernière preuve.

Après que toutes les racines sensibles ont été coupées, aucune sensation extérieure ne peut plus arriver au système nerveux central ; mais les bouts centraux des racines sensibles coupées sont cependant excitables ; de plus il existe dans la moelle la sensibilité récurrente dans les

cordons antérieurs de la moelle ; nous avons vu que c'est même une des preuves de la persistance de la vie chez les grenouilles privées de leurs racines sensibles.

Mais malgré la persistance de cette sensibilité chez la grenouille, je n'ai jamais vu aucun mouvement respiratoire survenir spontanément ; peut-être est-ce parce que les excitations manquent ?

Si avec une pointe fine on touche les racines de la moelle, on peut quelquefois provoquer un mouvement respiratoire, soit de la tête seulement, soit complet ; les narines aussi prennent part à ce mouvement.

On peut ainsi obtenir une ou deux respirations, ensuite elles cessent, et il faut une nouvelle excitation pour les produire à nouveau ; mais ces excitations faites dans le voisinage immédiat de la moelle, épuisent bientôt cette dernière et elle ne répond plus.

On peut aussi voir survenir spontanément des mouvements respiratoires assez énergiques, lorsque chez un animal privé de ses nerfs sensibles on sectionne le bulbe aortique, ce qui amène une hémorragie. A la suite de cette perte de sang considérable, il survient une sorte d'anémie, ce qui augmente l'excitabilité du système nerveux central, et celui-ci peut alors percevoir des excitations qui jusqu'alors avaient passé inaperçues. L'animal se met donc à exécuter quelques mouvements respiratoires sous l'influence uniquement d'excitations internes.

Ces cas sont rares cependant, et je ne les ai observés que chez des grenouilles maintenues dans la position verticale ; la tête en haut, probablement ceci favorise l'anémie plus complète du cerveau, car le sang ne s'écoule pas complètement du corps à la suite de la section du bulbe ; une certaine circulation se fait encore grâce aux

pulsations des artères et l'anémie du cerveau et de la moelle n'est probablement pas complète. Tandis qu'en suspendant l'animal verticalement, on force le sang à refluer vers les extrémités postérieures, et le système nerveux central est anémié plus complètement.

Voici quelques observations plus détaillées.

Les grenouilles sur lesquelles les expériences ont été faites ont été prises au printemps, elles sont très excitables et même présentent très fréquemment à cette époque des phénomènes convulsifs.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Pendant l'éthérisation profonde, on fait des deux côtés la section du nerf trijumeau, du nerf vague et de toutes les racines sensibles des nerfs spinaux, sauf la grosse racine sensible du nerf brachial.

Je laisse ainsi l'animal pendant plusieurs jours; il a les yeux bien ouverts et normalement élevés; il respire très bien. Les pattes antérieures sont seules sensibles et leur attouchement provoque des mouvements réflexes normaux dans les autres membres. La grenouille saute bien.

*2<sup>me</sup> opération.* Sans éthériser l'animal, je lui coupe, le sixième jour, les deux grosses racines sensibles des nerfs brachiaux. C'est très vite fait.

L'opération est suivie de quelques respirations énergiques, après quoi tout mouvement respiratoire cesse définitivement, ainsi que nous l'avons déjà observé nombre de fois. (Voir plus haut).

Il faut chez ces grenouilles ouvrir le thorax avec précaution pour ne pas léser les poumons. Ceux-ci peuvent rester dans la cavité abdominale si l'ouverture du thorax est très limitée. Le mouvement respiratoire abdominal peut alors s'effectuer très bien; mais on peut aussi, si l'on veut, sortir les deux poumons au dehors de la cavité abdominale et observer leur gonflement à la suite des mouvements respiratoires complets, car le larynx continuant à s'ouvrir normalement chez ces grenouilles, les mouvements de la membrane jugulaire, combinés avec ceux des narines et du larynx, réussissent à faire pénétrer l'air dans les poumons parfaitement bien.

Le thorax ouvert, on sectionne la bulbe aortique, ce qui détermine une hémorragie assez abondante. Puis on suspend verticalement l'animal, en fixant la tête en haut. Cette fixation se fait en passant un fil à travers le museau tout au bord du nez; les deux mâchoires y sont comprises. Toutes ces manipulations ne donnent pas lieu au moindre mouvement réflexe car l'insensibilité de l'animal est complète.

L'animal est enfermé sous une cloche de verre à parois humectées d'eau pour le préserver de l'évaporation. Je l'observe constamment.

Après 36 minutes de parfaite immobilité et de mort apparente, surviennent des mouvements énergiques dans tous les membres, les yeux rentrent et sortent à plusieurs reprises, les pupilles se dilatent temporairement, enfin il y a trois ou quatre respirations très complètes, puis tout rentre au repos, et l'animal redevient immobile. La mort arrive après quelque temps, sans qu'on puisse cependant préciser le moment, car elle est produite par une asphyxie lente et par arrêt de la circulation joint à l'anémie de tous les tissus.

#### TEMPORARIA.

*1<sup>re</sup> opération.* Des deux côtés toutes les racines sensibles sont coupées sauf les deux grosses racines sensibles du brachial. L'animal n'a de sensible que les pattes antérieures, la conductibilité dans la moelle est parfaite, car tous les réflexes se font normalement. La respiration se fait très bien.

*2<sup>me</sup> opération.* Le septième jour je coupe sans éthérisation les seules racines sensibles conservées : les deux grosses racines sensibles des nerfs brachiaux. La respiration cesse après deux ou trois mouvements énergiques qui suivent la section des deux racines sensibles. Je sectionne le bulbe, j'excise le cœur, puis je suspends l'animal verticalement. Après 23 minutes, surviennent des mouvements dans tout le corps, surtout dans la tête et les pattes antérieures, et la grenouille effectue quatre aspirations très énergiques. Puis tout rentre au repos. Après 15 minutes, il y a de nouveau des mouvements, mais moins forts, et deux respirations complètes, — les narines bougent aussi.

Ce sont les derniers mouvements et la grenouille meurt.



## ESCULENTA.

*1<sup>re</sup> opération.* Des deux côtés toutes les racines sensibles sont coupées, sauf une grosse racine sensible du nerf sciatique (racine spinale), qui est conservée des deux côtés. La grenouille est insensible sauf les deux pattes postérieures dont le pincement donne des mouvements réflexes, normaux et énergiques, dans tout le corps il y a une hyperesthésie marquée des nerfs sensibles conservés.

*2<sup>me</sup> opération.* Le cinquième jour, sans éthériser l'animal, je coupe ces deux racines sensibles : la grenouille fait quelques respirations très fortes, puis tout mouvement cesse. J'excise le cœur et je suspends la grenouille verticalement. Après 16 minutes, elle se met à exécuter des mouvements avec les pattes et la tête, et elle fait cinq respirations consécutives, les deux premières plus énergiques que les dernières. Après cela, l'immobilité complète se rétablit définitivement et la mort arrive sans que l'animal eût exécuté un seul mouvement.

## TEMPORARIA.

C'est la dernière grenouille que j'ai pu observer qui présentât ces mouvements respiratoires après que toutes les racines sensibles eussent été coupées. J'ai eu beau chercher et répéter les observations, je n'ai plus trouvé un seul animal semblable.

Chez cette grenouille, les opérations étaient faites de la même façon que chez la grenouille précédente.

C'est après 22 minutes que se montrent les mouvements dans les pattes et les yeux ; les pupilles se sont fortement dilatées ; cinq respirations successives, — puis tout rentre dans un repos définitif jusqu'à la mort.

## RÉSUMÉ

Pour qu'une grenouille puisse respirer convenablement, il faut le concours des mouvements respiratoires suivants :

## 1° Mouvements des narines.

2° Mouvements de la membrane jugulaire.

Ces deux mouvements sont régis par le nerf facial.

3° Mouvements du larynx — régis par le nerf vague et le nerf hypoglosse.

4° Mouvements des parois abdominales — régis par les III, IV, V, VI et VII nerfs spinaux,

Si l'un quelconque de ces mouvements manque, les respirations sont incomplètes et inefficaces.

Les respirations sont indépendantes de la sensibilité locale des parties qui contribuent à ces divers mouvements ; en d'autres termes — les racines sensibles des différents nerfs, dont les racines motrices donnent les divers mouvements respiratoires, peuvent être sectionnées sans que ces mouvements s'arrêtent.

Les mouvements respiratoires sont des phénomènes d'ordre réflexe.

L'excitation qui sollicite le système nerveux central à donner le réflexe respiratoire part de tous les points sensibles de la périphérie du corps.

C'est donc un réflexe de la sensibilité générale du corps.

Une seule racine sensible suffit pour maintenir la fonction respiratoire.

Lorsque toutes les racines sensibles du corps ont été sectionnées — la respiration s'arrête.

Cependant, dans certaines conditions, la sensibilité des cordons de la moelle et des bouts centraux des racines sensibles coupées, suffit pour provoquer quelques mouvements respiratoires.

Lorsque les greouilles sont peu excitables, la section de quelques racines sensibles suffit quelquefois pour arrêter les respirations spontanées ; il faut alors avoir

recours à des excitants pour provoquer des mouvements respiratoires.

Ce sont les sections des nerfs faciaux et vagues surtout qui, chez les grenouilles peu excitables, entraînent l'arrêt des respirations; ces nerfs semblent donc avoir une certaine prévalence sur les autres nerfs sensibles du corps.

(*A suivre.*)

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

## PHYSIQUE

H. POINCARÉ. CONTRIBUTION A LA THÉORIE DES EXPÉRIENCES DE M. HERTZ. (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, n° 7, 18 août 1890, extrait) <sup>1</sup>.

1. Dans les calculs qui accompagnent les admirables expériences de M. Hertz, il s'est glissé une erreur importante qui n'a pas, à ce que je crois, été encore signalée. Pour calculer la période de l'excitateur primaire, M. Hertz applique une formule de Sir W. Thomson relative aux décharges oscillantes d'une bouteille de Leyde. D'après cette formule la période est égale à  $2\pi\sqrt{LC}$ , C étant la capacité du conducteur et L la self-induction du fil qui réunit les deux armatures. Dans les expériences de M. Hertz, le condensateur est remplacé par deux sphères de 15 cm. de rayon, séparées par une distance de 1.50 m. Soient  $q$  la charge d'une des sphères, V son potentiel; soient  $-q$  et  $-V$  la charge et le potentiel de l'autre sphère; on aura en mesure électrostatique  $q=V.15\text{ cm.}$  La charge d'une des armatures est  $q$ ; la différence de poten-

<sup>1</sup> Nous espérons pouvoir donner à nos lecteurs, dans un prochain numéro des *Archives*, une reproduction plus étendue des résultats communiqués dans les *Comptes rendus* par M. Poincaré, et dans laquelle certains développements seront ajoutés par l'auteur.  
(Réd.)

tiel est  $2V$ ; on aura donc  $C = q/2V = 7,5$  cm. au lieu de 15 cm., car la capacité est, par définition, le rapport de la charge d'une des armatures à la différence de potentiel des deux armatures. La période calculée par M. Hertz se trouve ainsi égale à la véritable multipliée par  $\sqrt{2}$ .

Les expériences ayant donné dans l'air une demi-longueur d'onde de 480 cm., il en résulterait, si le calcul de la période était correct d'autre part, que la vitesse de propagation dans l'air serait celle de la lumière multipliée par  $\sqrt{2}$ . C'est là une conclusion à laquelle on ne se résignerait déjà plus aisément. Heureusement elle ne s'impose pas. En premier lieu le calcul de la période n'est que grossièrement approximatif et M. Hertz est obligé d'y négliger diverses circonstances dont le rôle est peut-être important. Ainsi, il ne tient pas compte des courants de déplacement qui peuvent exister autour de l'excitateur et exercer une influence. Le calcul de la période, effectué rigoureusement en partant des hypothèses de Maxwell, nous donnerait-il la longueur d'onde observée ? Il est vraisemblable qu'on sera conduit à modifier la théorie de Maxwell, non pas dans ses traits essentiels, mais dans quelques-unes des hypothèses secondaires, par exemple dans ce qui touche les conditions aux limites. Ainsi cette théorie, sous sa forme actuelle, exige que, dans le cas d'oscillations très rapides, les lignes de force électrique soient normales à la surface des conducteurs. Cette condition paraissait déjà à M. Hertz mal confirmée par ses expériences; ce que je viens de dire nous donne une nouvelle raison de l'abandonner. De nouvelles expériences pourront seules trancher la question. Je ne doute pas que l'admirable méthode expérimentale créée par M. Hertz ne nous en fournisse les moyens. Si le but que l'on croyait atteint est peut-être encore loin de nous, M. Hertz n'en a pas moins eu le rare bonheur, qui n'a été donné qu'à quelques hommes de génie, d'ouvrir aux investigations des chercheurs un champ entièrement nouveau.

2. J'ai cherché, en partant des hypothèses admises, à calculer rigoureusement la période d'un excitateur de forme donnée. Je n'y ai pas complètement réussi; mais les résultats

obtenus, si incomplets qu'ils soient, ne me paraissent pas tout à fait indignes d'intérêt. Deux cas sont à distinguer : celui où l'excitateur se trouve placé dans un espace indéfini; celui où il est placé dans une chambre close par des parois conductrices et remplie par un diélectrique. Dans le premier cas, l'énergie se dissipe constamment par radiation et l'amplitude des oscillations va en diminuant, ce qui a lieu dans les expériences ordinaires. C'est malheureusement le second cas seulement que j'ai pu traiter. Peut-être des procédés analogues sont-ils applicables au premier cas qui est plus compliqué.

Un excitateur peut donner naissance à des vibrations de périodes différentes et qu'on peut appeler harmoniques, bien que ces périodes ne soient pas multiples les unes des autres. Soient  $T_1, T_2, T_3, \dots$  ces périodes rangées par ordre d'acuité croissante. Dans le second cas, la phase est la même en tous les points du diélectrique, ce qui n'arriverait pas dans le premier cas. En désignant par  $L, M, N$ , les composantes de la force magnétique, en supposant que la période  $T_1$  existe seule, on a (1)  $L = L_1 \cos n_1 t$ , et deux autres équations semblables, en faisant  $n_1 = 2\pi/T_1$ .

Considérons trois fonctions  $X, Y, Z$  de  $x, y, z$  assujetties aux conditions suivantes : 1° Elles sont finies et continues, ainsi que leurs dérivées, en tous les points du diélectrique. 2° Elles doivent satisfaire à l'équation dite solénoïdale  $dX/dx + dY/dy + dZ/dz = 0$ . 3° A la surface du diélectrique, c'est-à-dire tant à celle de l'excitateur qu'à celle des parois de la chambre, le vecteur  $X, Y, Z$ , doit être tangent à cette surface.

Dans ces conditions la valeur du rapport

$$\rho = \frac{\int \left[ \left( \frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} \right)^2 + \left( \frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} \right)^2 + \left( \frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} \right)^2 \right] d\tau}{\int (X^2 + Y^2 + Z^2) d\tau}$$

dans lequel  $d\tau$  est l'élément de volume et les intégrales étendues à tout le volume du diélectrique, ne peut décroître

au delà de toute limite. On peut donc choisir les fonctions de telle sorte que ce rapport soit un minimum qui est égal à  $4\pi^2 A^2/T_1^2$  en désignant par  $A$  l'inverse de la vitesse de la lumière. Il est atteint quand on a  $X/L_1 = Y/M_1 = Z/N_1$ , et  $X, Y, Z$  sont les fonctions définies par les équations (1).

Assujettissons encore les trois fonctions à la condition (2)  $\int (XL_1 + YM_1 + ZN_1) d\tau = 0$ ; le rapport  $\rho$  admettra encore un minimum plus grand évidemment que le précédent, égal à  $4\pi^2 A^2/T_2^2$ , atteint quand on aura  $X/L_2 = Y/M_2 = Z/N_2$ . Si l'on assujettit maintenant  $X, Y, Z$  non seulement à la condition (2) mais à une condition analogue par rapport aux  $L_2, M_2, N_2$ , on obtiendra un nouveau minimum exprimé en  $T_3$  et ainsi de suite.

On a ainsi les valeurs des périodes  $T_1, T_2, T_3, \dots$  ou tout au moins des inégalités auxquelles doivent satisfaire ces valeurs, et les conséquences mathématiques des hypothèses de Maxwell se prêteraient sans doute à une vérification expérimentale.

#### REMARQUE SUR LA NOTE DE M. POINCARÉ RELATIVE A LA THÉORIE DES EXPÉRIENCES DE M. HERTZ.

La première partie de cette note est relative à la valeur attribuée par M. Hertz à la capacité  $C$  de la sphère de l'excitateur. Si l'on assimile l'excitateur à un condensateur, la définition de la capacité est en effet celle que donne M. Poincaré, mais l'oscillation électrique dans un conducteur filiforme qui met en communication un conducteur chargé avec le sol se déduit, comme W. Thomson l'a trouvé, de la même équation que celle du condensateur, et la capacité est bien alors le rayon de la sphère. D'autre part, lorsqu'il faut appliquer ce résultat théorique à l'excitateur, ce qui est possible en admettant que les deux moitiés du système conducteur dont il est formé sont à chaque instant dans un état électrique identique au signe près et que par conséquent le potentiel du point

central est nul, on est conduit à prendre pour longueur du conducteur la demi-longueur totale de l'excitateur, tandis que M. Hertz compte la longueur elle-même. Il en résulterait, en adoptant cette interprétation de la formule des oscillations électriques que l'erreur signalée par M. Poincaré subsisterait à très peu près, parce que, dans l'expression de la durée d'oscillation, le coefficient de self-induction  $L$  subit une diminution qui est approximativement de la moitié de sa valeur. On peut encore considérer le cas où l'une des sphères serait mise en communication avec le sol par un conducteur à grande section et lui appliquer rigoureusement la formule en faisant  $C$  égal à 15 cm et en prenant la longueur totale de l'excitateur. Reste à savoir si la durée de l'oscillation serait la même que lorsque les deux sphères sont isolées, ce qui serait contraire à la théorie.

La seconde partie, bien que relative à un cas difficile à réaliser, offre le plus grand intérêt par la solution analytique qu'elle indique de la multiplicité des périodes de vibration de l'oscillation électrique.

La donnée énoncée par le savant auteur de cette étude, relative à l'absence de phase dans l'intérieur de l'espace considéré est, il est vrai, de nature à faire supposer que des conditions physiques, telles que l'introduction d'un coefficient de réflexion sur les parois conductrices, qui permettraient de comparer la théorie à l'expérience, modifieraient peut-être les résultats de l'analyse. Il est probable toutefois que la possibilité d'un grand nombre de périodes subsisterait, et c'est là un point d'une grande importance.

Je rappelle ici que dans le mémoire<sup>1</sup> que nous avons publié, M. Sarasin et moi sur la *Résonance multiple* de l'oscillation électrique, nous avons montré qu'un même excitateur

<sup>1</sup> Sur la résonance multiple des ondulations électriques de Hertz le long de fils conducteurs, par Éd. Sarasin et L. de la Rive. *Archives*, février, 1890.

Sur la théorie des interférences de l'onde électrique propagée dans un fil conducteur et du résonateur par L. de la Rive. *Archives*, mai 1890.



donne lieu à des interférences dans des résonateurs de diamètres différents qui révèlent des longueurs d'onde différentes aussi. La question de savoir si la longueur d'onde varie d'une manière continue ou ne peut prendre que certaines valeurs définies paraît difficile à décider expérimentalement, parce qu'on ne sait pas jusqu'ici dans quelle mesure, pour un résonateur donné, l'intensité relative à la longueur d'onde qui lui est propre, détermine l'intensité totale. On sait seulement que les variations perceptibles de la seconde sont déterminées par les variations de la première, puisqu'un même résonateur ne donne que des interférences impliquant une seule longueur d'onde. Les résultats trouvés par M. Poincaré semblent être une confirmation de ceux auxquels nous avons été conduits par nos recherches expérimentales, en répétant et en modifiant les expériences de M. Hertz. L. DE LA RIVE.

## CHIMIE

HEINRICH GOLDSCHMIDT et YNGVE ROSELL. RECHERCHES SUR LES COMBINAISONS OXYAZOÏQUES ET AMIDOAZOÏQUES. (*Berichte*, XXIII, p. 487, Zurich.)

Les combinaisons oxyazoïques peuvent être des combinaisons azoïques hydroxylées  $C_6H_4 \begin{matrix} \text{OH} \\ \diagdown \\ \text{NNC}_6H_5 \end{matrix}$  ou bien des phé-

nylhydrazones de quinones  $C_6H_4 \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NNHC}_6H_5 \end{matrix}$ . Les réactions

connues jusqu'ici ne permettant pas de décider entre ces deux formules ces chimistes ont étudié l'action du cyanate de phényle sur l'oxyazobenzol. Il se combine avec la combinaison para et le produit est facilement décomposable par les alcalis, ce qui tend à faire admettre la première formule; par contre il ne réagit pas avec le benzolazo-p-krésol,

qui est un o-oxyazobenzol, ni avec le benzolazo- $\beta$ -naphtol. Le phénoldiazobenzol  $C_6H_5(OH)(N_2C_6H_5)$ <sup>1,2</sup> est en même temps ortho et para, il se combine avec le cyanate de phényle. Il est à remarquer que ces nouvelles combinaisons ont le même point de fusion que les corps oxyazoïques dont ils dérivent. Par réduction du carbanilidooxyazobenzol on obtient le carbanilidooxyhydrazobenzol, qui se combine avec 2 mol. de cyanate de phényle, donnant un corps  $C_{22}H_{17}N_5O_4$ , dont la constitution n'est pas encore fixée.

Parmi les combinaisons amidoazoïques, celles qui ont la constitution para sont certainement de vrais oxydes, et les combinaisons ortho sont bien probablement des orthoquinones. L'amidoazobenzol ne se combine qu'avec une seule mol. de cyanate de phényle, ce qui rend probable la consti-

tution  $C_6H_5 \begin{matrix} \text{NHCONHC}_6H_5 \\ \text{NNC}_6H_5 \end{matrix}$  et probable aussi la constitution

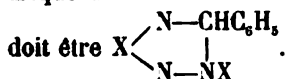
$C_6H_5NNC_6H_5NH_2$  pour l'amidoazobenzol. L'o. amidoazotoluol réagit de même; la benzolazo- $\beta$ -naphtylamine réagit d'abord avec 1 mol., puis, si l'on continue l'action du cyanate de phényle, il se forme à côté de diphenylurée une combinaison  $C_{17}H_{11}N_5O$ , qui est une carbonylbenzolazo- $\beta$ -naphtylamine

$C_{10}H_6 \begin{matrix} \text{N-CO} \\ \text{N-N.C}_6H_5 \end{matrix}$ , ce qui permet d'affirmer que la consti-

tution de toutes les combinaisons o. amidoazoïques est



Le p. amidoazobenzol réagit avec la benzaldéhyde et fournit le benzyldèneamidoazobenzol  $C_6H_5CHNC_6H_5N_2C_6H_5$ ; les combinaisons o. amidoazoïques réagissent aussi, mais les produits qui en résultent sont des bases, que l'acide chlorhydrique à 150° ne décompose pas. Leur formule générale



M. NENCKI. COMBINAISONS DES ACIDES GRAS VOLATILS AVEC LES PHÉNOLS. (*Monat. f. Chem.*, X, p. 906, Berne.)

Les phénols réagissent, en présence du chlorure de zinc, sur les acides gras en donnant des oxycétones, qui sont en général des corps bien cristallisés; l'auteur a ainsi obtenu le propionylphénol, le valérylphénol, la propionylhydroquinone, la propionylrésorcine, le propionylpyrogallol, le propionyl- $\alpha$ -naphтол et d'autres combinaisons analogues dont il se réserve l'étude.

G. LUNGE et M. ISLER. POIDS SPÉCIFIQUE DE L'ACIDE SULFURIQUE DE DIFFÉRENTE CONCENTRATION. (*Zeit. ang. Chem.*, 90, p. 129, Zurich.)

A la suite de nouvelles recherches et analyses, les auteurs donnent une table des poids spécifiques de dissolutions d'acide sulfurique pur dans l'eau, dont le résumé est :

D 15° ramené à 4° dans le vide.	100 en poids correspondant à			
	Acides purs %.		Acide à 60°.	Acide à 50°.
	SO <sub>3</sub> .	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .		
1,000	0,07	0,09	0,12	0,14
1,8385	81,59	99,95	128,08	159,92

1 litre renferme en poids d'acides purs			
SO <sub>3</sub> .	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	Acide à 60°.	Acide à 50°.
0,001	0,001	0,001	0,001
1,500	1,838	2,355	2,940

Ces chiffres ne sont donnés que pour des acides purs; jusqu'à une densité de 1,75, en pratique, les erreurs provenant d'impuretés peuvent être négligées, mais pas au-dessus. Ainsi, dans le commerce, un acide d'une D. de 1,840 renfermera bien rarement 95,6 % SO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>. Les essais doivent être faits à 15°.

R. NIETZKI et H. MÆCKLER. MATIÈRES COLORANTES DE LA RÉSORCINE ET DE L'ORCINE. (*Berichte*, XXIII, p. 718, Bâle.)

Ces chimistes ont étudié les produits obtenus par Weselsky en traitant l'éther éthylique de la résorcine par l'acide nitrique renfermant de l'acide nitreux; l'une des deux substances produites, soluble dans l'éther, ne peut s'obtenir que par l'éther monoéthylié, c'est l'éther de la résorufine  $C_{14}H_{11}NO_2$ , l'autre n'a pas pu être obtenue et serait, suivant eux, l'éther éthylique de la résazurine. La combinaison  $C_{14}H_{11}NO_2$  obtenue par l'action de l'acide nitrique fumant sur l'orcine est l'analogue de la résorufine et doit être nommée orcirufine; la matière colorante de Liebermann  $C_{21}H_{18}N_2O_4$  n'est que de l'orcirufine impure. Les auteurs ont préparé la nitrosoorcine. Aiguilles jaunes fusibles à  $157^\circ$ .

La quinone chlorimidée  $OC_6H_4NCl$  agit sur la résorcine, il se forme de la résorufine. Une combinaison analogue a été obtenue au moyen de la quinone dichlorimidée  $C_6H_4(NCl)_2$ , soit sur la résorcine, soit sur l'orcine, on obtient la résorufamine et l'orcirufamine.

---

**COMPTE RENDU DES SÉANCES**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES**  
**A LAUSANNE**

---

*Séance du 18 juin 1890.*

De Loës. Reboisement de la plaine du Rhône. — F.-A. Forel. Éboulement du  
Tauredunum. — Bieler. Particularités du hériasson.

**M. DE LORS :** Après avoir constaté pendant plusieurs années des dommages considérables en agriculture et en viticulture provenant, en avril ou mai, de vents violents et froids du N.-O., auxquels succédaient l'éclaircissement subit du ciel, la rosée et le gel, quelques citoyens prirent l'initiative de convoquer une assemblée de personnes désireuses d'étudier la question d'un reboisement de la plaine du Rhône, couverte, il y a moins de quatre-vingts ans, d'arbres nombreux (chênes, noyers, ormeaux, peupliers, saules) qui servaient alors d'abri puissant, soit contre l'abaissement de la température, soit contre les ouragans, et maintenant en grande partie disparus.

Il fut répondu de toutes parts chaleureusement à cet appel, les municipalités envoyèrent leurs délégués, une commission fut constituée pour procéder aux études nécessaires.

Le Département de l'agriculture se montra très favorable à la question en invitant un inspecteur forestier à donner à Noville et à Aigle des conférences publiques destinées à faire comprendre l'importance d'un reboisement.

Dès lors l'idée a fait son chemin, elle est entrée dans les esprits, petit à petit il est vrai, car les difficultés sont grandes quand il s'agit d'engager quelques communes à s'associer, même dans un but d'intérêt général.

Plusieurs mémoires et projets furent élaborés. Aujourd'hui nous constatons que neuf communes de la plaine concourent à l'œuvre après avoir sanctionné les projets définitifs. Ces projets seront remis dans le courant de ce mois au Département de l'agriculture et du commerce, avec prière de les soumettre au Conseil d'État, puis au Conseil fédéral, dans le but d'obtenir de ces deux hautes autorités les subventions prévues par les lois concernant la création de nouvelles forêts et l'amélioration de l'agriculture.

Les projets comportent l'exécution d'un reboisement de la plaine du Rhône, de Villeneuve à Bex, dans un délai de dix années dès l'automne prochain. Ils contiennent une partie agricole et une partie forestière; la première comprend 3500 arbres fruitiers (spécialement des poiriers, cerisiers, noyers) aux bords des routes et chemins. La partie forestière comprend la création de 15 rideaux, dont 3 d'aulnes et peupliers, 7 de conifères, 5 de chênes et essences diverses, puis 31 plantations spéciales de peupliers (surtout de la Caroline), de résineux (sapins et pins), d'ormeaux, chênes, frênes, acacias; enfin les projets traitent de l'introduction de 8750 baliveaux de peuplier dans les forêts de vernes communales.

Les devis sont les suivants :

Partie agricole .....	Fr. 5.256
Partie forestière.....	44,744
Total .....	<u>Fr. 50,000</u>

M. F.-A. FOREL a reçu, en date du 29 novembre 1888, une lettre du comte Riant, de l'Institut de France, habitant alors Saint-Maurice, qui lui communiquait un projet d'étude sur la catastrophe de Tauredunum. Le travail n'a pas été terminé, son auteur étant décédé quelques jours après, le 20 décembre. Il y a lieu de signaler dans ces notes une idée originale.

Tandis que la plupart des auteurs voient dans la destruction de Tauredunum une montagne s'écroulant sur un château et

l'ensevelissant sous ses décombres, le comte Riant proposait une autre interprétation des textes. Il supposait un château bâti sur un plateau en terrasse des flancs de la vallée; un glissement de terrain ou éboulement de cette terrasse aurait entraîné le château en le ruinant et le démolissant, mais sans l'enterrer sous une couche épaisse de débris.

Cette hypothèse répondrait mieux au récit de Grégoire de Tours et à l'anecdote des trente moines fouillant dans les ruines du château pour y récolter du bronze et du fer. Satisferait-elle de même aux autres détails donnés par les chroniqueurs, et en particulier aux inondations de la vallée du Rhône et des bords du lac Léman? — La question reste ouverte.

M. BIELER mentionne quelques faits qui établissent que le hérisson, considéré habituellement comme inoffensif et lourd, est au contraire un pillard vorace dans les basses-cours, s'attaquant aux poulets et même aux œufs en incubation. En outre, il est assez agile pour pouvoir grimper assez haut contre les murs. M. Bieler avait, le matin même, constaté la présence d'un hérisson sur le toit du Champ-de-l'air, à une hauteur de six mètres environ au-dessus du sol.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

A O U T 1 8 9 0

---

- Le 1<sup>er</sup>, forte rosée le matin; éclairs au SSE à 9 h. du soir.  
3, éclairs au SE. à 9 h. du soir.  
7, brouillard enveloppant à 7 h. du matin.  
8, très forte rosée le matin; brouillard à 7 h. du matin; tonnerres au NW. à 3 h. 25 m. du soir, ainsi qu'à 4 h. 35 m.; l'orage passe au NW. Éclairs au SE. à 9 h. du soir.  
10, forte rosée le matin; éclairs au N. à 10 h. du soir.  
11, orage dans la nuit vers 3 h. du matin; quelques gros tonnerres.  
12, orage au S. à 8 h. 20 m. du soir; il se dirige vers l'W. en suivant le Salève; très forte averse à 9 h. du soir; éclairs au N. à 9 h. du soir, puis un peu dans toutes les directions. Tonnerres au NW. à 11 h.  $\frac{1}{2}$  du soir.  
13, à 6 h. 30 m. du soir, orage à l'W. se dirigeant vers le NNW.; Nouvel orage à l'W à 8 h. 20 m.; éclairs dans toutes les directions à 9 h. du soir, mais particulièrement au S. et à l'E. Des orages lointains se produisent encore dans la soirée, dans des directions différentes; tonnerres éloignés.  
14, les orages ont continué dans la nuit dans différentes directions, mais ont éclaté surtout à l'W.  
15, 16, et 17, très forte rosée le matin.  
18, très forte rosée le matin; depuis 8 h. 20 m. du soir, éclairs et tonnerres à l'W.; l'orage suit la chaîne du Jura; fort vent à 10 h. du soir.  
19, violents éclairs à l'W. depuis 7 h. 15 m. du soir, se succédant très rapidement; l'orage suit la chaîne du Jura (tornado causant des ravages considérables dans le Jura français et vaudois).  
20, éclairs et tonnerres à l'W. à 6 h. 50 m du matin; orages à l'W. à 1 h. 36 m. et à 2 h. 13 m. du soir; nouvel orage au SW. à 3 h. 10 m. du soir; éclairs à l'E à 8 h. et demie du soir.  
21 et 22, très forte rosée le matin.  
23, très forte rosée le matin; orage au NW. à 6 h. 5 m. et tonnerres lointains à l'W. à 6 h. 10 m. du soir; éclairs au NW. à 10 h. du soir.  
24, éclairs et tonnerres à l'W. à 6 h. 10 m. et à 6 h. 30 m. du soir.  
26, le sommet du Môle est recouvert de neige.  
27, très fort vent de 4 à 7 h. du soir; violent vent et très forte averse à 6 h. 55 du soir; orage au NW. se dirigeant vers le NNW. à 7 h. 7 m. du soir.

REMARQUE. — Le tornado du 19 août a occasionné de très fortes seiches sur le lac de Genève.



*Valcurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 11 h. soir.....	730,63	Le 2 à 1 h. soir.....	725,46
11 à 10 h. soir.....	728,54	8 à 6 h. soir.....	724,02
16 à 8 h. matin.....	730,11	13 à 6 h. soir.....	720,07
22 à 8 h. matin.....	733,11	18 à 7 h. soir.....	723,16
		24 à 6 h. soir.....	719,37

---

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Fract. de saturation en millièmes			Pluie en millimètres			Vent dominant.	Vitesse moyenne	Temp. du jour.		Limnètre à 1 h.
	Haut. moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim.	Maxim.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. les 24 h.	Nombre d'h.			Midi.	Soir.	
1	728.51	+ 0.59	726.80	729.74	+22.22	+ 3.45	+12.9	+31.5	636	—	340	900	...	...	SSW.	1	21.4	+2.7	142.3
2	727.43	+ 0.80	725.46	729.11	+21.68	+2.94	+16.6	+29.8	612	—	390	830	4.4	...	1 SW.	1	21.5	+2.8	142.3
3	729.56	+ 1.02	728.89	730.63	+19.09	+0.39	+14.5	+25.3	645	—	400	880	2.2	4	variable	0.68	...	...	144.0
4	729.85	+ 1.90	728.97	730.30	+15.79	+2.88	+11.1	+21.5	723	—	500	860	2.0	4	variable	0.75	19.5	+0.7	144.8
5	728.53	+ 0.58	728.02	729.85	+13.86	+4.77	+11.8	+16.6	945	—	860	1000	23.5	45	SE.	0	18.8	0.0	146.3
6	727.42	+ 0.54	726.90	728.11	+14.90	+3.69	+12.9	+18.3	921	—	830	970	17.8	14	calme	0.85	18.9	+0.1	144.8
7	726.48	—	725.12	727.88	+16.76	+4.79	+11.9	+23.2	827	—	500	1000	...	...	variable	0.40	18.6	—0.2	145.5
8	724.77	+ 1.48	724.02	725.28	+18.39	—	+12.6	+22.9	803	—	560	970	...	...	N.	1	18.9	+0.1	146.5
9	725.44	+ 2.56	724.53	726.12	+19.31	+0.86	+13.5	+24.5	815	—	600	970	...	...	NNE.	1	18.9	+0.1	143.8
10	725.59	+ 2.38	724.48	726.58	+21.94	+3.54	+14.3	+30.0	789	—	650	960	...	...	SSW.	1	19.9	+1.1	142.0
11	727.82	+ 0.15	725.88	728.54	+21.86	+3.51	+17.4	+27.0	702	—	500	830	5.0	2	WSW.	1	20.6	+1.8	143.5
12	726.43	+ 1.84	723.37	728.33	+21.97	+3.68	+16.0	+28.0	664	—	420	880	4.1	1/4	SSW.	1	19.5	+0.7	142.5
13	722.32	+ 5.65	720.07	723.84	+20.51	+2.28	+15.8	+27.0	787	—	460	970	9.7	4	SW.	1	19.5	+0.7	144.4
14	725.68	+ 2.29	722.77	728.57	+16.37	+4.80	+14.4	+20.5	829	—	660	1000	17.3	40	S.	1	18.5	—0.3	147.0
15	729.00	+ 4.04	728.50	729.79	+16.58	+4.52	+8.8	+23.4	668	—	470	860	...	...	variable	0.00	19.4	+0.6	149.0
16	729.09	+ 4.13	727.87	730.11	+18.15	+0.12	+9.7	+27.1	715	—	450	980	...	...	variable	0.23	...	...	152.0
17	727.37	+ 0.58	725.43	729.13	+19.95	+4.99	+12.0	+25.9	629	—	360	940	...	...	variable	0.35	20.4	+1.3	152.3
18	725.07	+ 2.88	723.16	726.81	+22.40	+4.51	+14.8	+30.5	661	—	430	930	0.9	1	N.	1	20.5	+1.7	156.0
19	725.18	+ 2.76	723.50	727.00	+21.81	+4.00	+16.6	+26.5	689	—	550	790	0.2	1	N.	1	20.5	+2.0	160.0
20	727.24	+ 0.69	723.70	730.43	+18.57	+0.84	+15.8	+22.6	785	—	650	880	1.6	1	N.	1	20.7	+2.4	160.0
21	731.15	+ 3.23	730.55	732.26	+18.19	+0.54	+13.9	+24.2	731	—	490	980	...	...	variable	0.40	21.1	+2.4	160.0
22	732.30	+ 4.39	731.62	733.14	+17.86	+0.29	+14.0	+24.4	654	—	550	870	...	...	SSW.	1	21.1	+2.8	160.0
23	728.00	+ 0.10	723.89	731.97	+18.62	+1.14	+9.9	+26.5	680	—	430	850	0.7	1	variable	0.53	20.3	+1.7	156.5
24	721.82	+ 6.07	719.37	724.57	+16.86	+0.53	+13.7	+21.4	846	—	680	950	39.6	14	SSW.	1	19.5	...	158.0
25	721.38	+ 6.50	719.59	724.75	+16.68	+6.62	+7.5	+14.0	897	—	830	970	12.8	10	variable	0.77	17.4	+1.2	159.0
26	724.50	+ 3.37	721.26	725.38	+14.24	+2.97	+6.7	+21.5	753	—	520	990	0.5	1	SSW.	1	15.5	—3.1	159.3
27	723.47	+ 4.38	720.49	725.42	+17.65	+0.54	+14.7	+25.2	724	—	550	900	19.5	5	SSW.	1	15.5	—3.0	161.0
28	725.53	+ 2.34	725.40	726.02	+15.51	+4.50	+12.2	+20.9	816	—	640	970	8.1	5	variable	0.97	14.7	—6.8	164.0
29	725.18	+ 2.64	724.54	726.12	+12.17	+4.74	+10.7	+14.4	958	—	920	990	24.4	23	variable	1.00	14.5	—6.9	166.6
30	726.25	+ 4.55	725.62	727.42	+13.93	+2.87	+8.9	+19.8	821	—	670	990	1.6	2	variable	0.73	13.9	—4.5	171.8
31	726.79	+ 0.99	724.23	729.40	+9.80	—	+7.0	+13.5	916	—	810	960	26.8	45	variable	0.93	...	...	178.0
Mois	726.60	— 1.06			+17.66	— 0.25			762	—			219.4	132		0.60	18.60	—0.05	152.59

## MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	727.68	727.49	727.82	727.58	726.94	726.68	726.97	727.43
2 <sup>e</sup> »	726.74	726.28	726.79	726.99	726.51	725.83	725.93	726.82
3 <sup>e</sup> »	726.55	726.01	726.17	726.11	725.91	725.46	725.79	726.29
Mois	726.98	726.57	726.90	726.87	726.44	725.97	726.22	726.83

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	+15.47	+14.08	+16.10	+19.60	+21.97	+21.98	+20.05	+17.90
2 <sup>e</sup> »	+17.03	+15.36	+17.39	+21.43	+23.67	+24.22	+21.28	+18.16
3 <sup>e</sup> »	+13.55	+12.09	+13.55	+15.91	+17.78	+18.54	+15.25	+13.70
Mois	+15.29	+13.79	+15.61	+18.88	+21.03	+21.48	+18.74	+16.49

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	877	923	867	713	643	625	706	820
2 <sup>e</sup> »	814	891	812	628	556	531	667	777
3 <sup>e</sup> »	880	906	864	742	682	665	809	850
Mois	858	907	848	696	629	610	730	817

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Limnètre
1 <sup>re</sup> décade	+ 13.21	+ 24.36	+ 19.69	0.54	46.6	144.25
2 <sup>e</sup> »	+ 14.13	+ 25.85	+ 19.73	0.53	38.8	149.37
3 <sup>e</sup> »	+ 10.47	+ 20.53	+ 16.50	0.71	134.0	163.11
Mois	+ 12.54	+ 23.48	+ 18.60	0.60	219.4	152.59

Dans ce mois l'air a été calme 34,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,58 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 43°,5, W. et son intensité est égale à 16,7 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE AOÛT 1890

- Le 2, brouillard à 7 h. du matin.  
 3, brouillard depuis 4 h. du soir.  
 4, brouillard jusqu'à 10 h. du matin; légère neige l'après-midi; forte bise à 4 h. du soir.  
 5, neige jusqu'à 1 h. du soir; elle fondait à mesure et sa hauteur n'a pu être mesurée; brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.  
 6, brouillard pendant tout le jour.  
 7, brouillard à 7 h. du soir.  
 11, brouillard depuis 10 h. du soir.  
 13, fort vent depuis 10 h. du soir.  
 14, fort vent à 1 h. du soir.  
 19, violent vent à 10 h. du soir.  
 21, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.  
 23, fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.  
 24, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; fort vent à 4 h. du soir.  
 25, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir; légère neige dans la journée; très forte bise depuis 1 h. du soir.  
 29, neige jusqu'à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir; forte bise depuis 10 h. du soir.  
 30, forte bise jusqu'à 7 h. du matin; brouillard jusqu'à 10 h. du matin.  
 31., brouillard jusqu'à 7 h. du matin, puis neige; forte bise depuis 4 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 <sup>er</sup> à 2 h. matin .....	573,60	Le 6 à 7 h. matin .....	566,03
6 à 10 h. soir .....	567,51	8 à 7 h. matin .....	566,47
11 à minuit .....	570,65	11 à 4 h. matin .....	565,00
17 à minuit .....	572,20	20 à 11 h. matin .....	569,25
22 à 10 h. soir .....	572,50	25 à midi ....	557,40
27 à 10 h. soir .....	566,47	29 à 10 h. soir .....	561,83
30 à 11 h. soir .....	566,15		

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures. millim.	Écart avec la hauteur normale. millim.	Minimum. observé au barographe millim.	Maximum. observé au barographe millim.	Moyenne des 24 heures. °	Écart avec la température normale. °	Minimum absolu. °	Maximum absolu. °		
1	572.62	+ 3.74	571.97	573.60	+10.34	+ 3.94	+ 7.5	+14.8	SW. 1	0.57
2	570.12	+ 1.23	568.50	572.00	+ 8.13	+ 1.73	+ 4.7	+12.8	variable	0.82
3	569.45	+ 0.25	568.33	569.64	+ 8.78	+ 0.61	+ 2.7	+10.7	NE. 1	0.57
4	568.14	- 0.76	567.34	569.60	- 0.59	- 5.80	- 0.3	- 3.2	NE. 1	1.00
5	566.88	- 2.02	566.43	567.22	+ 0.74	- 5.67	- 0.8	- 4.4	NE. 1	0.87
6	566.71	- 2.19	566.03	567.51	+ 2.98	- 3.39	- 0.8	- 4.4	NE. 1	1.00
7	567.09	- 1.80	566.82	567.41	+ 5.34	+ 1.04	+ 4.9	+ 7.8	NE. 1	0.97
8	566.95	- 1.94	566.47	567.73	+ 7.59	+ 1.26	+ 4.7	+12.2	NE. 1	0.45
9	568.32	- 0.36	567.69	569.55	+ 9.23	+ 2.92	+ 5.2	+12.6	NE. 1	0.45
10	569.90	+ 1.03	569.07	570.61	+11.74	+ 5.43	+ 6.4	+15.8	NE. 1	0.12
11	570.26	+ 1.40	570.03	570.65	+ 8.14	+ 1.89	+ 5.8	+14.7	NE. 1	0.58
12	568.77	- 0.08	567.89	570.10	+ 9.29	+ 3.07	+ 5.4	+14.1	NE. 1	0.30
13	568.88	- 2.95	565.20	567.03	+ 7.28	+ 1.09	+ 4.7	+12.0	SW. 1	0.48
14	566.25	- 2.56	565.00	567.85	+ 6.28	- 0.12	+ 3.9	+10.1	SW. 1	0.58
15	569.06	+ 0.27	567.25	570.20	+ 7.91	+ 1.79	+ 3.9	+14.4	variable	0.05
16	571.60	+ 2.83	570.70	572.20	+ 9.93	+ 3.85	+ 7.0	+13.6	variable	0.05
17	571.53	+ 2.78	570.88	572.20	+10.38	+ 4.34	+ 7.2	+14.2	SW. 1	0.37
18	570.81	+ 2.09	570.45	571.22	+10.94	+ 4.94	+ 7.6	+14.8	SW. 1	0.13
19	570.48	+ 1.79	570.00	571.20	+11.21	+ 5.26	+ 7.8	+14.2	SW. 1	0.57
20	570.02	+ 1.36	569.25	571.35	+ 9.21	+ 3.34	+ 4.7	+14.1	SW. 1	0.67
21	571.18	+ 2.55	570.87	571.76	+ 8.09	+ 2.24	+ 5.2	+12.2	NE. 1	0.30
22	571.81	+ 3.24	571.03	572.50	+ 6.58	+ 0.79	+ 2.0	+10.3	NE. 1	0.00
23	570.46	+ 1.90	568.40	572.00	+ 9.08	+ 3.35	+ 5.7	+14.6	SW. 1	0.50
24	563.95	- 4.57	561.70	567.90	+ 5.78	+ 0.11	+ 1.9	+ 9.5	SW. 1	0.87
25	559.04	- 9.44	557.40	561.40	+ 2.41	- 7.71	- 5.6	+ 3.6	NE. 2	1.00
26	563.48	- 4.96	560.10	566.40	+ 1.93	- 3.60	- 5.4	+ 5.2	NE. 1	0.08
27	566.18	- 2.22	566.00	566.47	+ 4.31	- 4.15	+ 2.0	+ 7.0	SW. 1	0.45
28	566.15	- 2.20	565.84	566.40	+ 3.76	- 1.63	+ 1.2	+ 6.8	SW. 1	0.82
29	563.55	- 4.75	561.83	565.70	- 1.14	- 6.46	- 3.8	+ 3.7	NE. 1	1.00
30	564.21	- 4.04	561.90	566.15	- 0.74	- 5.98	- 3.3	+ 4.9	NE. 1	0.53
31	563.48	- 4.72	562.63	565.90	- 2.09	- 7.25	- 6.2	+ 4.0	NE. 2	1.00
Mois.	567.88	- 0.52			+ 6.01	+ 0.03				0.52

## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AOÛT 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	568,86	568,50	568,42	568,61	568,56	568,51	568,59	568,82
2 <sup>e</sup> » ...	569,58	569,27	569,33	569,49	569,51	569,53	569,41	569,62
3 <sup>e</sup> » ...	566,15	565,65	565,65	565,75	565,83	565,62	565,72	565,79
Mois .....	568,13	567,74	567,73	567,88	567,90	567,81	567,84	568,00

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	+ 4,56	+ 7,71	+ 8,67	+ 7,57	+ 6,31	+ 5,56
2 <sup>e</sup> » ...	+ 6,77	+ 10,38	+ 11,29	+ 11,03	+ 9,60	+ 8,21
3 <sup>e</sup> » ...	+ 2,31	+ 4,34	+ 5,22	+ 4,61	+ 2,55	+ 2,16
Mois .....	+ 4,47	+ 7,37	+ 8,29	+ 7,64	+ 6,04	+ 5,21

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
				mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	+ 3,05	+ 9,83	0,53	38,5	—
2 <sup>e</sup> » ...	+ 5,77	+ 13,02	0,38	14,6	—
3 <sup>e</sup> » ...	— 0,57	+ 7,16	0,60	108,0	180
Mois .....	+ 2,64	+ 9,91	0,52	161,1	180

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,42 à 1.00

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 19,4 sur 100

NOTICE  
SUR  
LA VIE ET LES TRAVAUX  
DE  
**J.-L. SORET**

PAR  
**M. Albert BILLIET**

---

En annonçant la perte irréparable que Genève et la Science venaient de faire en la personne de Louis Soret, la Rédaction des *Archives* avait pris l'engagement de revenir avec plus de détails sur la vie et les travaux de cet homme excellent.

Ayant eu le privilège de profiter souvent de ses conseils et d'avoir été associé ces dernières années à quelques-unes de ses recherches scientifiques j'ai accepté avec bonheur l'occasion qui m'était offerte de lui donner encore un faible témoignage de ma profonde reconnaissance. Je ne me dissimule pas les difficultés de cette tâche, bien simplifiée cependant par les renseignements de tous genres que sa famille et ses amis ont eu l'obli-



geance de me fournir. Le souvenir vivant qu'il a laissé suppléera sans doute, chez tous ceux qui l'ont connu, aux imperfections de ce travail; quant aux autres je n'ose espérer leur donner une idée complète de cette personnalité si sympathique, mais je serai heureux si je réussis à leur faire partager l'estime et l'admiration que je conserverai toujours pour ce maître vénéré.

---

La famille Soret, originaire de Blois, est depuis longtemps établie à Genève; son acte de bourgeoisie date de 1668. L'un des membres de cette famille, Nicolas, né en 1759, fut obligé, par suite de différentes circonstances, de s'expatrier; habile peintre sur émail, il partit pour la Russie. Il ne tarda pas à y réussir, et son compatriote Duval, joaillier de la Cour, qui avait eu souvent l'occasion de l'employer et connaissait ses mérites lui accorda la main de sa fille. Elle était aussi propre nièce d'Étienne Dumont. Lorsqu'en 1800 il put revenir dans sa patrie il y ramenait deux fils. L'aîné, Frédéric-Jacob, dut aux relations de sa famille avec la Cour de Russie d'être choisi comme précepteur du grand-duc de Saxe-Weimar et s'est fait connaître plus tard par ses recherches minéralogiques et numismatiques. Le second, Marie-Nicolas, s'occupa surtout de commerce et d'œuvres philanthropiques; il fut le père du physicien.

JACQUES-LOUIS SORET naquit à Genève le 30 juin 1827; il était le second fils de Nicolas. — L'aîné Frédéric fut remarquablement doué et, malgré sa constitution délicate, s'occupa avec passion d'histoire naturelle; il put se

faire connaître, déjà bien jeune, par quelques publications d'ornithologie. Malheureusement sa santé chancelante alla toujours en déclinant ; les soins pressés qu'on lui prodigua furent impuissants ; il mourut à 17 ans. Sa mère aussi, l'une des figures les plus attachantes de la famille, tomba de bonne heure malade et fut bientôt, jusqu'à la fin de sa vie, presque complètement paralysée. Malgré les souffrances de ce pénible état elle ne cessait de s'intéresser à tout et de s'occuper des autres beaucoup plus que d'elle-même. Sa conversation prenait toujours un ton élevé, car son esprit était sans cesse occupé de choses dignes d'intérêt. Le nombre relativement considérable de traductions et d'extraits sur des sujets très divers qu'elle a laissés donnent l'idée d'une activité d'esprit et d'une force de volonté bien remarquables. Elle tenait ces qualités de son père le célèbre docteur Louis Odier et nous les retrouverons chez son fils. C'est sans doute elle aussi qui transmet à Louis Soret cette grâce particulière, ce charmant sourire et cet heureux don qui le portait à être agréable à tous et à ne jamais voir que le bon côté des hommes et des choses.

L'enfance de Louis Soret s'écoula entre ces deux malades qui absorbaient naturellement la plus grande partie de l'intérêt de la famille, mais il ne faudrait pas en conclure que la maison paternelle fut triste. Nicolas aimait la société ; les relations de son frère avec la Cour de Weimar lui procuraient souvent l'occasion de voir et de recevoir des personnages de distinction et les connaissances ainsi ébauchées par son fils ne lui furent pas inutiles plus tard. — C'est au collège de Genève que Louis fit ses premières études ; elles ne firent pas tout d'abord présager ce qu'il devait être ; dès

l'âge de 7 ans cependant il avait entrepris un journal des principaux événements qui se passaient autour de lui et y témoignait d'un jugement que l'on n'a pas souvent à cet âge. Il fréquenta ensuite le Gymnase et l'Académie où ses études furent beaucoup plus brillantes, et parvint facilement aux divers grades que Genève pouvait offrir à cette époque; bachelier ès lettres en 1846, il obtenait l'année suivante les diplômes de bachelier ès sciences physiques et de bachelier ès sciences naturelles. — Il ne négligeait pas non plus les exercices du corps; de première force à l'escrime, il montait aussi à cheval avec beaucoup d'aisance; en 1845, dans un voyage en Allemagne qu'il fit avec quelques amis, il eut l'occasion de faire preuve de ses talents en remplaçant le postillon de la diligence, désarçonné par un écart de sa monture. Son adresse dans ces exercices était d'autant plus remarquable qu'un accident de jeunesse lui avait rendu l'usage d'une main un peu difficile et certains mouvements assez pénibles.

Pour terminer ses études il fallait se transporter dans un plus grand centre; son père se décida à l'envoyer à Paris et il y arriva en octobre 1847 après un court voyage dans le midi de la France. Il était muni d'une lettre d'A. de la Rive pour Regnault et fut admirablement reçu par ce savant. — « M. Regnault, écrit-il lui-même à ses parents, m'a reçu, je ne dirai pas avec politesse, mais avec mieux que cela, il est venu au-devant de tout ce que je désirais, m'offrant une place pour travailler chez lui, place qui lui a déjà été quatre ou cinq fois demandée. Il m'a donné aussi tous les conseils nécessaires et je sais parfaitement ce que j'ai à faire. » Dès le lendemain il débutait dans le laboratoire. — Regnault.

n'avait qu'un petit nombre de collaborateurs, on profitait donc beaucoup de la présence du maître et l'on travaillait pour ainsi dire en famille. Soret eut ainsi l'occasion d'assister et de participer à toutes les recherches de cette époque, telles que celles sur les chaleurs spécifiques, la compressibilité des liquides et autres. Il y jeta aussi les bases d'une amitié solide avec son chef et avec Izarn et Grassi ses principaux aides. En même temps il suivait grâce à une autorisation spéciale les cours d'analyse de Liouville à l'École polytechnique, et ceux de son maître au Collège de France. Bientôt il fonctionnait même comme préparateur à ces derniers. — C'est ainsi qu'il passa près de quatre ans avec celui qui était au dire de Biot, le premier professeur de l'époque.

Les qualités dont il fit preuve toute sa vie se développaient peu à peu. « C'est un aimable garçon que ce Louis, » écrit son père à l'occasion d'une visite qu'il lui fit à Paris. « Pas de phrases mais de l'action, de l'énergie, avec cela de l'égalité et de la douceur ; de l'indépendance de caractère, mais de la bienveillance et du tact. Il a une grande aptitude à passer d'une chose à l'autre sans reprise ni intermédiaire et il est heureux de ne pas être organisé avec une sensibilité trop nerveuse. » Ses relations avec Regnault ne se bornaient pas aux cours et au laboratoire ; admis dans la famille de l'illustre savant, il en profitait largement et voyait se développer déjà les goûts artistiques du jeune fils de la maison, Henri, qui devait être le célèbre peintre mort si tragiquement pendant la défense de Paris. Il jouissait aussi de cette société du Collège de France, où, pour employer une expression de son père on respirait une « atmosphère de simplicité et de moralité qui rappelait le genre académique de

Genève. » — Grand amateur de musique il allait souvent au théâtre italien et s'efforçait de tenir sa partie dans les réunions musicales où Madame Regnault réunissait un certain nombre de jeunes parents et savants. Très apprécié de ses amis il était aussi devenu promptement le centre de la petite colonie des Genevois qui étudiaient à Paris. « Lorsque Soret était là tout allait bien, » nous disait encore dernièrement l'un d'eux. — Ses travaux ne furent point arrêtés par les agitations politiques de l'époque; malgré la tourmente révolutionnaire et l'apparition du choléra le laboratoire de Regnault ne chôma point. « Comme c'est beau pourtant à nous de passer notre journée à regarder des thermomètres au milieu des troubles, lui disait en riant son maître, et dire que l'histoire n'en parlera pas ! »

Le séjour de Paris fut cependant interrompu par une excursion qu'il fit en Angleterre. Les quatre mois qu'il y passa, probablement pour se perfectionner dans la connaissance de la langue anglaise, ne lui laissèrent pas des souvenirs aussi agréables que ceux de Paris, et il faut convenir qu'il était un peu dur de passer sans transition de la grande ville à Corhampton et de la conversation de Regnault à celle du pasteur d'une petite paroisse. — C'est en octobre 1852 qu'il revint à Genève; il rapportait outre l'expérience pratique acquise dans le laboratoire les diplômes de bachelier ès sciences mathématiques pris en 1851 et de licencié ès sciences physiques (1852.) Ce retour n'était pas définitif; au commencement de 1853 il repartait pour un voyage de quelques mois en Italie autant pour visiter la terre classique des beaux arts que pour couper court à une légère affection de poitrine à laquelle le travail de laboratoire n'aurait point

convenu. Il parcourut successivement Rome et Naples et fit même une assez longue excursion en Sicile. Les lettres qu'il écrivit à cette occasion montrent bien l'intérêt qu'il portait à tout et combien les jouissances les plus variées trouvaient d'écho chez lui. Il y apprécie avec beaucoup d'indépendance les chefs-d'œuvre artistiques qu'il rencontrait à chaque instant et ne se croit point tenu à un enthousiasme de commande. C'est ainsi, qu'à son grand regret, il avait de la peine à comprendre quelques-unes des œuvres de Raphaël mais, ajoute-t-il finement, « ce qui me console un peu c'est que beaucoup de gens sont comme moi, seulement tous n'osent pas l'avouer. » — En revanche il n'a que des éloges pour la musique de la chapelle Sixtine et le fameux *Miserere* d'Allegri. Au milieu de tout cela la science n'était pas oubliée, il avait emporté des comptes rendus à faire sur différentes publications scientifiques et à Rome il eut le plaisir de se lier avec Volpicelli et le père Secchi.

Les qualités de Soret étaient éminemment propres à le distinguer dans la carrière du professorat. Il y débuta en 1853 en se chargeant des leçons de chimie et d'une partie de celles de physique au Gymnase libre. Cet établissement dont la fondation avait été rendue nécessaire par les difficultés politiques de 1849, réunissait, en dehors de toute attache avec l'État, un remarquable ensemble de professeurs. A. de la Rive s'y était chargé de l'enseignement des sciences physiques, et en céda une partie à Soret à son retour dans sa patrie. Heureux ceux qui ont pu suivre simultanément les leçons de ces savants distingués. De nature très dissemblable ils devaient se compléter admirablement l'un l'autre et parvenir au même but par l'emploi de moyens bien différents. Chez de la Rive

la vivacité était extrême, les idées arrivaient en foule, laissant à peine à la parole le temps de les exprimer et entraînant à leur suite, comme dans un tourbillon, l'auditeur émerveillé et ébloui. Chez Soret au contraire le calme était parfait et l'exposition d'une grande limpidité. Il n'était pas à proprement parler un orateur et l'on aurait vainement cherché dans ses leçons des phrases à effet, mais chacune avait son importance et se trouvait parfaitement dans le cadre qu'elle devait avoir. Aussi est-ce sans effort et presque à leur insu que ses élèves étaient conduits peu à peu jusqu'aux régions les plus élevées de la science.

Le Gymnase libre, créé dans des circonstances exceptionnelles, ne dura pas longtemps et ce ne fut que plusieurs années plus tard que Soret eu l'occasion de reprendre l'enseignement de la physique. En 1866 il inaugura à l'Académie les leçons qu'il devait y continuer pendant une dizaine d'années. Elles étaient destinées à servir de complément à l'enseignement du professeur en titre et roulèrent surtout sur l'électro-chimie, la théorie mécanique de la chaleur et leurs applications. En 1872, pour des raisons que nous ignorons, le cours ne figurait pas au programme et ne devait pas avoir lieu, il fut repris cependant à la demande instante des étudiants qui y tenaient beaucoup et qui surent témoigner dans cette occasion tout l'attachement qu'ils avaient pour leur professeur. Jusque-là, simple chargé de cours, Soret n'avait aucun titre officiel; ce n'est qu'en 1876, trois ans après la transformation de l'ancienne Académie genevoise en Université, qu'on lui accorda une position plus stable et plus en rapport avec ses mérites et les services qu'il pouvait rendre. Il fut alors nommé professeur ordinaire et

chargé d'un cours spécial destiné aux étudiants en médecine. Ces leçons, qu'il continua jusqu'au moment où ses forces l'abandonnèrent, étaient destinées à faire revoir aux futurs docteurs les lois physiques dont la connaissance leur est indispensable et surtout à leur en montrer les applications médicales et les conséquences pratiques. Comme complément de cette situation, l'autorité fédérale l'avait chargé des examens de médecine et de pharmacie sur la branche dont il s'occupait.

Le rôle qu'a joué Soret dans l'Université depuis sa création ne doit pas se mesurer à l'importance des leçons qu'il était chargé d'y faire ou à leur nombre. Il n'enseignait qu'une partie de l'année et seulement deux heures par semaine, mais son bon sens et la netteté de ses idées lui donnaient une position particulière dans le Sénat académique, où sa parole toujours écoutée et son autorité scientifique incontestable pesaient d'un grand poids dans les décisions à prendre. Aimé et respecté de tous, il pouvait rendre et rendit en effet de grands services et sa nature éminemment conciliatrice lui donna plus d'une fois l'occasion de faciliter le règlement de questions délicates. Il s'intéressait même aux plus petits détails et s'efforçait par tous les moyens possibles de rehausser à l'étranger le prestige de notre jeune Université. Il tenait à ce qu'elle se fit dignement représenter dans les fêtes ou les jubilé des Universités étrangères et l'hiver dernier il avait été le promoteur de conférences dont le produit était principalement destiné à faciliter les dépenses de ce genre. Il était tout désigné pour présider à son tour le corps académique et fut en effet recteur de 1880-1882.

Outre ses leçons ordinaires, Soret eut souvent l'occa-



sion de faire des conférences scientifiques destinées à un plus grand public, nous citerons, en particulier, celles sur les glaciers, sur les machines à air chaud, sur l'optique, et celle très intéressante dans laquelle il avait raconté son expédition au sommet du Mont-Blanc. Il excellait dans ce genre qu'a illustré Tyndall et les auditeurs étaient toujours fort nombreux, attirés autant par l'exposition savante du professeur, que par les brillantes expériences qui l'accompagnaient en général. La partie expérimentale de ses cours était en effet pour lui l'objet de soins constants, il y consacrait beaucoup de temps et venait toujours avant chaque leçon s'assurer que ses instructions avaient été bien suivies ou se charger lui-même d'une préparation un peu difficile. Très adroit et d'une grande délicatesse de main il semblait n'avoir qu'à toucher un instrument pour le régler et le mettre en ordre. A cet égard nous avons bien souvent regretté que les circonstances ne lui aient pas fourni l'occasion de diriger des laboratoires et d'y former pratiquement des élèves. Tous ceux, malheureusement en petit nombre, qui ont travaillé à ses côtés, seront certainement de notre avis.

L'activité scientifique de Soret s'est exercée dans des domaines très variés et nous allons essayer de résumer les principaux sujets dont il s'est occupé sans nous astreindre à suivre toujours l'ordre chronologique. On trouvera du reste à la fin de cette notice une liste aussi complète que possible de toutes ses publications. Ses mémoires fort nombreux sont remarquables par leur précision et leur élégance et l'on est frappé en les lisant de la modestie de leur auteur et de son respect pour la vérité scientifique. Bien loin de chercher à se faire valoir, il a

soin de toujours indiquer les points faibles des sujets qu'il traite. Peu d'hommes insistent comme lui sur les imperfections qu'ont pu présenter leurs expériences ou le peu de certitude de certains résultats. C'est l'inverse lorsqu'il s'agit de juger les travaux des autres; il est toujours d'une bienveillance et d'une courtoisie parfaite avec les savants qui ne sont pas de son avis; il semble presque à regret signaler des résultats en désaccord avec les leurs. L'ensemble de ces mémoires forme un tout très remarquable et qui témoigne des connaissances de Soret et de la facilité avec laquelle il pouvait travailler dans des branches assez différentes de la physique. Aussi son nom, quoique ne se rattachant à aucune de ces découvertes qui font époque dans l'histoire de l'humanité, brillera-t-il toujours au premier rang de ceux qui ont fait progresser la science en faisant pénétrer la lumière dans un grand nombre de questions obscures.

Ses premières publications se trouvent dans les *Archives*, elles étaient destinées à faire connaître quelques-uns des travaux de Regnault et datent encore de son séjour à Paris. On pourra lire dans un de ces comptes rendus une appréciation intéressante des méthodes employées par ce physicien. Ce n'est que lorsque Soret fut de retour à Genève qu'il fit paraître ses premières recherches originales. On aurait pu s'attendre à ce qu'elles se rattacheraiement aux sujets d'étude de son maître, mais la main puissante de ce savant ne laissait pas beaucoup à glaner dans les champs qu'il avait parcourus. C'est en électricité, et probablement à l'instigation d'A. de la Rive, qu'il inaugura la série de ses mémoires par des recherches sur les décompositions électro-chimiques et les lois de Faraday. A cette époque ces dernières, quoique acceptées de tous les phy-

siciens, n'avaient pas encore reçu la sanction de beaucoup de preuves directes. Il s'ingénia à cette vérification en variant les conditions expérimentales et en étudiant l'influence de différentes causes perturbatrices.

Ainsi préparé il put aborder la question beaucoup plus complexe des relations de l'électricité dynamique avec les autres manifestations de l'énergie. Dans quatre mémoires, publiés par la Société de physique de Genève et qui s'échelonnent de 1858 à 1864, il étudia avec beaucoup de soin et en y joignant une discussion approfondie, certains points relatifs à la chaleur dégagée par un courant et ses relations avec le travail extérieur représenté principalement par des phénomènes d'induction. C'était l'époque où les physiciens cherchaient à accumuler les preuves de la conservation de l'énergie et Soret contribua pour sa part à la construction de l'édifice. Dans le premier de ces mémoires il s'attache à montrer les variations d'intensité que présente un circuit électrique lorsqu'il y a production ou non d'un travail extérieur. Ces faits étaient connus en partie, mais il sut en donner d'ingénieuses démonstrations expérimentales et coordonna ses résultats par l'énoncé d'un principe qui peut être envisagé comme un corollaire de la loi de Lenz. Dans les second et troisième mémoires, il a réuni un grand nombre de données sur la chaleur dégagée dans le circuit également avec ou sans travail extérieur; il s'agissait donc surtout d'expériences calorimétriques qu'il exécuta avec toutes les corrections et la précision dont il avait pris l'habitude dans le laboratoire de Regnault. Dans le quatrième enfin il constata la constance de la loi électrolytique dans les mêmes conditions. Les progrès de la science moderne ont fait peut-être un peu oublier ces mémoires,

ils sont cependant intéressants au point de vue de la méthode et donnent bien la preuve des soins qu'il mettait à toutes ses recherches.

Ces expériences électrolytiques le conduisirent tout naturellement à l'un de ses meilleurs travaux, celui peut-être qui a le plus contribué à le faire connaître, nous voulons parler des recherches faites en 1863 et 1865 sur l'ozone. Il avait déjà, dix ans auparavant, constaté que l'électrolyse de l'eau à basse température fournit une quantité relativement abondante de ce gaz et se trouvait ainsi en possession d'un procédé de préparation facile et capable de lui fournir les moyens de résoudre des problèmes encore obscurs. La nature de l'ozone était alors fort discutée; contenait-il de l'hydrogène ou était-il simplement un état allotropique de l'oxygène? La première opinion paraissait appuyée par un travail de Baumert. Soret répéta en les variant les expériences de ce dernier, mais il n'obtint point les mêmes résultats. Au contraire, il put démontrer que l'ozone ne contient pas d'hydrogène. Étudiant ensuite la question des changements volumétriques produits par la formation et la disparition d'ozone dans l'oxygène, il vérifia comme l'avaient indiqué Andrews et Tait que sa production s'accompagne d'une contraction et sa destruction d'une augmentation de volume. Ces résultats tendaient à prouver que l'ozone devait résulter d'un groupement d'atomes plus nombreux que ceux de la molécule d'oxygène ordinaire. La meilleure preuve de cette théorie devait se trouver dans la détermination directe de la densité de ce corps. Soret y parvint par deux moyens. Le premier consistait à absorber l'ozone par l'essence de cannelle qui le dissout sans le décomposer et à comparer le changement de volume obtenu avec celui que donnent

les agents qui détruisent complètement ce gaz, comme la chaleur ou l'iodure de potassium. Dans le second il utilisait la vitesse de diffusion de l'air ozonisé comparée à celle d'un autre gaz comme le chlore ou l'acide carbonique. Le procédé opératoire qu'il choisit, après quelques essais, fut de laisser cette diffusion s'opérer librement par une ouverture sans diaphragme poreux, mais la construction d'un appareil permettant de réaliser ces expériences était assez délicate. L'ozone ne peut être manié ni sur l'eau ni sur le mercure et le contact des substances organiques et de la plupart des métaux le détruit aussi, il faut donc un appareil tout en verre. Il sut cependant triompher de tous ces obstacles et le résultat, comme on sait, vint confirmer ses idées théoriques ; la densité de l'ozone était une fois et demie celle de l'oxygène et l'on pouvait envisager sa molécule comme formée de trois atomes de ce dernier gaz.

Un grand nombre des travaux de Soret se rattachent plus ou moins directement à la physique du globe et à l'étude des phénomènes météorologiques. C'est un sujet qui l'intéressait tout particulièrement et la dernière proposition qu'il fit voter à la Société auxiliaire des Arts et des Sciences avait pour but l'établissement, sur une de nos places publiques, d'un tableau contenant les pronostics du temps publiés chaque jour dans les principaux centres. — Plus anciennement il avait obtenu de la même Société les fonds nécessaires à la construction d'un séismomètre perfectionné. Cet instrument dont le principe avait été étudié par M. le professeur Thury est installé actuellement à l'Observatoire et en état de rendre les services que l'on attend de lui. Mais avant d'en arriver là les difficultés ont été grandes, il a fallu des années d'es-

sais et de tentatives infructueuses et sans la ténacité et la persévérance de Soret il n'aurait peut-être jamais été mis en état de fonctionner. Soret faisait partie de la commission chargée de l'étude des tremblements de terre en Suisse et fit plusieurs rapports sur cette question à la Société de physique. Il s'était intéressé également avec Alphonse Favre à la conservation des blocs erratiques et il eut plusieurs fois l'occasion de traiter ce sujet dans les réunions de la Société helvétique des sciences naturelles. Nous avons aussi de lui des notices sur l'extension des glaciers, sur une forme particulière de seiches dans le lac Léman, sur une glacière naturelle des bords du lac de Thoun, etc. — Il donna une explication ingénieuse de la transparence de l'air que l'on observe fréquemment avant la pluie et s'occupa souvent des phénomènes d'optique météorologique comme le mirage, les gloires et les paranthélies. Ces dernières attirèrent surtout son attention et lui fournirent l'occasion de publier un mémoire étendu sur la matière. On sait que l'on nomme ainsi des taches lumineuses que l'on observe quelquefois dans la région du ciel opposée au soleil ; elles sont dues, comme les halos, à la présence de cristaux de glace dans l'atmosphère. Bravais, qui en avait donné une explication admettait que les cristaux de glace devaient avoir des angles rentrants ou une base allongée. Soret montra que cela n'est pas nécessaire ; des cristaux à base régulière peuvent parfaitement donner lieu au même phénomène. Il prouva aussi que les paranthélies peuvent se produire par une marche des rayons différente de celle qu'avait indiquée Bravais.

Parmi les sujets qui, dans ce domaine, attirèrent plus spécialement son attention il faut citer en première ligne

l'étude de la chaleur solaire et celle des conditions de transparence et de coloration de l'eau. Cette dernière surtout, avec les questions qui s'y rattachent, remplit de nombreux mémoires. Ce sont les travaux de Tyndall sur les propriétés optiques des substances à l'état de nuages qui suggérèrent d'abord à Soret l'idée de rechercher quelque chose d'analogue chez les liquides. Il se demanda si la cause de l'illumination de ces derniers par un faisceau de rayons lumineux ne devait pas se trouver dans la présence de corpuscules en suspension et constata en effet que l'éclairement diminue à mesure que la pureté de l'eau augmente. Il ne cesse jamais complètement car il est impossible d'obtenir une pureté parfaite; un simple transvasage suffit pour augmenter le nombre des particules. Inversement en troublant artificiellement l'eau, en y ajoutant par exemple une trace d'azotate d'argent qui se transforme en chlorure, on voit le pouvoir d'illumination augmenter notablement. Si la source de lumière est un faisceau de rayons décomposé par le prisme, la trace d'illumination pourra présenter toutes les couleurs du spectre ou le blanc résultant de leur réunion suivant que le rayon visuel sera dirigé parallèlement ou perpendiculairement aux arêtes du prisme. Soret obtint ainsi une expérience facile à réaliser dans un cours et qui remplace avantageusement le classique cercle coloré de Newton. La présence de ces particules joue aussi un rôle dans les phénomènes de lumière polarisée par l'eau. On sait que la lumière qui pénètre dans un tube plein d'eau et fermé par des glaces parallèles peut être perçue dans une direction normale à l'axe du faisceau illuminateur. La lumière qui se propage dans cette direction est polarisée dans un plan passant par l'axe du tube. M. Lallemant attribuait ce

phénomène à une propagation latérale du mouvement vibratoire de l'éther dans le liquide. Soret dans son mémoire sur l'illumination des corps transparents contesta cette explication et rapprocha cette polarisation de celle que l'on observe dans la lumière du ciel. Il réussit par une analyse détaillée à démontrer que la présence de particules très ténues en suspension dans le liquide suffit pour en faire comprendre la production. Ce cas n'est du reste pas isolé, on retrouve les mêmes phénomènes dans beaucoup de corps transparents. Lorsqu'un cristal n'est pas fluorescent, il est dépourvu par lui-même de pouvoir d'illumination et, si ce pouvoir existe, on peut être sûr que la lumière est polarisée et qu'elle est due à l'action de particules ou de défauts dans la masse cristalline que le microscope peut mettre en évidence. Des phénomènes analogues se retrouvent dans l'eau de la mer ou des lacs profonds ; on peut s'en assurer facilement par un temps clair, si l'eau est calme et suffisamment transparente. Les recherches de Soret ne laissent aucun doute à cet égard et il en attribue toujours la production à la même cause. Il est possible que la réflexion sur des couches d'inégales densités puisse expliquer, comme l'avait proposé M. Hagenbach, une partie des faits observés, mais il ne croit pas que ce soit là la cause principale.

L'étude de la couleur de l'eau a été reprise d'une manière plus générale par Soret dans un mémoire spécial. Il y passe en revue l'importance des divers facteurs qui peuvent y jouer un rôle. La question est en effet très complexe et plusieurs éléments divers contribuent à modifier les apparences que l'on observe. L'agitation de la surface, la profondeur de l'eau et la couleur du fond, si la nappe liquide est mince, produisent chacune des effets



particuliers. Lorsque l'eau est calme et profonde la couleur provient surtout de l'absorption et de la diffusion de certains rayons. Ceux qui sont plus réfrangibles sont généralement diffusés en plus forte proportion que les autres, tandis que les rayons orangés ou rouges sont en partie absorbés dans le trajet qu'ils ont à faire pour arriver dans l'œil de l'observateur. La lumière perçue sera donc essentiellement bleue, et c'est ainsi que l'on peut expliquer au moins dans ses grands traits la coloration caractéristique de certains lacs suisses sur laquelle on a beaucoup discuté et qui a longtemps excité la curiosité des chercheurs.

L'étude de la chaleur solaire est une des plus délicates de la physique et les savants qui s'en sont occupés sont souvent arrivés à des résultats très peu concordants. Soret fit sur ce sujet de nombreuses expériences en utilisant la méthode statique, et à l'aide d'un actinomètre particulier. Cet instrument qui peut être considéré comme un perfectionnement de celui du Père Secchi se compose essentiellement d'un tube noirci dans lequel est placé le thermomètre destiné à recevoir le rayonnement solaire ; les parois intérieures sont maintenues à température constante par de la glace fondante. Les résultats et les conclusions de cette étude se trouvent dans plusieurs mémoires dont l'un fut communiqué à la première session de l'Association française pour l'avancement des sciences à Bordeaux en 1872. Il y employa une bonne partie de ses observations, il en reste cependant encore beaucoup d'inédites, mais il serait malheureusement bien difficile de les utiliser. Ces observations ont été faites dans les localités les plus variées, soit en plaine soit en montagne, c'est principalement dans le but de les répéter

à de grandes altitudes qu'il fit l'ascension du Mont-Blanc, dont nous avons parlé, et qui lui permit de constater facilement l'influence de la vapeur d'eau et des poussières sur l'intensité de l'absorption des rayons solaires par l'atmosphère. Les résultats numériques obtenus ne peuvent pas s'accorder complètement avec la formule qu'avait proposée Pouillet et qui contient la hauteur barométrique, mais la concordance est meilleure si l'on prend le carré de cette hauteur au lieu de la première puissance. Le désaccord des physiciens est encore plus grand lorsqu'il s'agit d'évaluer la température du soleil à l'aide des observations actinométriques. Soret essaya de jeter un peu de lumière dans la question en étudiant directement le rayonnement d'un disque de zircone chauffé par une lampe oxyhydrique et en le comparant au rayonnement solaire. Il fut ainsi conduit à admettre pour le soleil une température supérieure à 3000 degrés, mais, comme il le reconnaît lui-même dans une discussion avec M. Violle, il est impossible de constater la chose avec exactitude.

Les recherches de Soret dans le domaine de l'optique ont été fort nombreuses et nous avons déjà eu l'occasion d'en citer quelques-unes. Notons d'abord parmi celles dont nous n'avons pas encore parlé un travail intéressant sur les réseaux circulaires. Il nomme ainsi des plaques de verre sur lesquelles ont été tracés des cercles concentriques alternativement transparents et opaques, en prenant soin de faire varier les rayons de ces cercles suivant une loi donnée. On obtient facilement ces réseaux en réduisant par la photographie un dessin fait à une plus grande échelle ou en les traçant directement sur une plaque enduite de noir de fumée. Lorsque les rayons de ces cercles sont proportionnels aux racines carrées de la série

des nombres naturels ces réseaux produisent de curieux phénomènes. Le calcul indique en effet qu'ils doivent donner lieu à une série de foyers réels d'un point lumineux situé de l'autre côté de la plaque. Soret entreprit la vérification expérimentale de ces conséquences; elle confirma pleinement la théorie. Malgré leurs imperfections ces réseaux fonctionnent comme de véritables lentilles et peuvent dans une certaine mesure remplacer l'objectif d'une lunette. On doit à Soret un dispositif ingénieux permettant d'étudier facilement la dispersion anormale d'une solution et qui consiste à placer le prisme contenant la substance à examiner dans une auge remplie du liquide dissolvant. C'est lui aussi qui, sous le nom de lorgnette goniométrique, inventa un petit instrument très commode pour prendre rapidement des valeurs angulaires dans l'espace.

L'une des principales œuvres de Soret dans le domaine de l'optique et celle qui tient le plus de place dans la collection de ses mémoires est relative à l'utilisation des radiations ultra-violettes dans l'analyse spectrale par absorption. On sait que le rapport des longueurs d'onde extrêmes dans la partie visible du spectre est à peu près celui de un à deux et que ce rapport est le même pour la partie ultra-violette. En utilisant cette dernière partie on double donc le champ de l'analyse spectrale, mais il faut naturellement des procédés expérimentaux particuliers. Jusqu'à lui les recherches de ce genre se faisaient soit par la méthode photographique, soit en projetant le spectre sur une substance fluorescente, ce qui nécessite une chambre complètement obscure et rend les mesures peu commodes. Il eut l'idée de prendre comme substance fluorescente une lame transparente et de la placer au foyer de l'objectif d'un spectroscopie. Le spectre de fluorescence

qui se forme ainsi, peut facilement s'observer à l'aide d'un oculaire positif incliné sur la lame, et, l'écran fluorescent se trouvant mobile avec la lunette, les mesures d'angles deviennent très faciles. Ce procédé dont le principe avait déjà été indiqué par M. Baille sans que Soret en eût connaissance fut amené par lui à un degré de perfection qui rend les observations très simples et commodes. En munissant le spectroscope de lentilles de quartz et d'un prisme de quartz ou de spath, on peut voir encore la raie extrême du spectre de l'aluminium dont la longueur d'onde n'est que de 185,22. C'est l'instrument qu'il a décrit sous le nom de spectroscope à oculaire fluorescent.

Il est souvent nécessaire dans ces expériences de faire varier le spectre lumineux en changeant la nature des métaux qui le produisent. Il imagina pour cela un petit accessoire auquel il donna le nom de porte-étincelle-revolver et qui permet d'opérer ce changement avec facilité; l'instrument fut enfin complété par un dispositif permettant de faire varier l'épaisseur du liquide dont on étudie la transparence et de la mesurer avec une certaine exactitude.

L'un des premiers emplois que Soret fit de cette méthode d'investigation fut de l'appliquer à l'étude du groupe de métaux rares que l'on trouve principalement dans la célite et le gadolinite. Ces recherches remplissent les deuxième et troisième mémoires qu'il fit paraître sur la question de l'absorption. Ce groupe encore mal connu aujourd'hui, malgré les chimistes éminents qui l'ont travaillé, l'était encore bien moins à cette époque. A Genève MM. Delafontaine et Marignac s'en occupaient et Soret put avoir facilement les matériaux nécessaires à

son travail. Il reconnut dans le spectre de ce qu'on appelait alors l'erbine, des bandes d'absorption caractéristiques qui le conduisirent à conclure à l'existence d'un élément particulier; il se borna à le désigner par la lettre X. Peu de temps après M. Clève, l'habile professeur d'Upsal, annonçait aussi la présence du même corps simple et lui donnait le nom d'Holmium. « Je serais peut-être fondé à réclamer le droit de choisir un nom nouveau pour cet élément dont j'ai le premier établi l'existence d'après l'étude spectrale, écrit Soret dans son troisième mémoire, en parlant du métal X. Mais ce serait là, je pense, introduire une confusion de plus dans un sujet déjà fort complexe, et, d'accord avec M. Marignac, j'adopte définitivement pour ce métal le nom d'Holmium proposé par l'habile chimiste suédois. » Peu de savants ont donné l'exemple de ce désintéressement scientifique.

Soret appliqua aussi son appareil à l'étude des principaux liquides animaux et à celle d'un grand nombre de produits organiques se rattachant à la série grasse tels que alcools, éthers, acides, etc. Les résultats en sont consignés dans un cinquième et sixième mémoire. Ce dernier, qui résumait des recherches auxquelles il avait bien voulu nous associer, ne paraissait que peu de temps avant sa mort. Il fut conduit à l'étude des liquides animaux par des recherches sur les milieux de l'œil. Cet organe et les liquides qu'il contient laissent passer, au moins partiellement, les radiations ultra-violettes et certaines raies sont même remarquables par l'étendue du spectre qu'elles peuvent percevoir. Il était donc intéressant d'étudier directement le pouvoir absorbant des diverses parties de l'organe visuel. Les expériences furent faites surtout sur les yeux de moutons et de bœufs; un ou deux essais sur l'œil humain

montrèrent qu'il n'y avait pas de différence notable. Il constata de cette manière que le pouvoir absorbant du cristallin est beaucoup plus considérable que celui de l'humeur aqueuse ou vitrée et que l'ensemble des milieux optiques de l'œil ne doit pas permettre une transmission directe des vibrations dont la réfrangibilité est supérieure à celle de la raie U du spectre solaire. Comment s'expliquer que certaines vues distinguent des radiations d'une longueur d'onde inférieure? Soret incline à y voir un effet de fluorescence; on sait, dit-il, que la cornée et le cristallin sont fluorescents, cette propriété peut être très développée chez certains individus qui, par suite, pourront percevoir une lueur plus ou moins vague sous l'influence des rayons de haute réfrangibilité.

L'humeur aqueuse et l'humeur vitrée offrent un spectre d'absorption caractéristique et qui semble annoncer la présence d'une substance particulière. L'expérience montra qu'il s'agissait d'un corps cristalloïde, mais la quantité en était si faible qu'il n'était pas possible d'en fixer exactement la nature. C'est alors que Soret entreprit l'étude des principaux liquides de l'économie animale, afin d'y rechercher la trace de cette substance et peut-être d'en obtenir une détermination positive, mais aucun d'eux n'offrit l'analogie cherchée. En revanche il accumula un grand nombre de données expérimentales qui pourront être utilisées par d'autres, et il obtint chemin faisant des vérifications intéressantes. Nous citerons en particulier la confirmation délicate que fournit son procédé pour la réalité de la synthèse de la tyrosine effectuée par MM. Erlenmayer et Lipps.

Le dernier mémoire qu'il fit paraître sur cette question est aussi le dernier qui soit sorti de ses mains; il y rassem-

bla et coordonna un grand nombre de recherches sur les alcools de la série grasse et leurs dérivés. Le début de ces recherches, dont une partie avait déjà paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* et ailleurs, remontait déjà à l'année 1884. Malgré la difficulté d'obtenir des produits purs, cette longue série d'expériences conduisit à quelques résultats importants. Les corps faisant partie d'une série homologue se comportent au point de vue optique comme à d'autres, ils ont en général une grande analogie; par contre, on trouve de grandes différences entre certains types, qui, à d'autres égards, se ressemblent beaucoup, tels que les éthers composés et les sels correspondants. Au point de vue pratique, la méthode pourra rendre des services en permettant de reconnaître la pureté de certaines substances; elle est à cet égard d'une très grande sensibilité et la simple distillation d'un alcool, par exemple, suffit pour changer sa transparence, probablement par la formation de quantités infinitésimales de dérivés.

L'emploi de l'oculaire fluorescent lui a permis de déterminer aussi le pouvoir rotatoire du quartz dans toute l'étendue du spectre. Les résultats de ce travail, fait en collaboration avec M. Éd. Sarasin, sont consignés dans deux mémoires parus dans les *Archives* et dont le second surtout est fort étendu. Les procédés employés par les divers physiciens qui se sont occupés de ce sujet y ont été revus par les deux collaborateurs. Des modifications étaient nécessaires, surtout en ce qui concerne l'ultra-violet, pour lequel des précautions spéciales sont naturellement indispensables.

Dans les dernières années de sa vie Soret avait longuement réfléchi sur certains problèmes d'esthétique; il

en avait consigné les résultats dans un ouvrage important auquel il n'eut malheureusement pas le temps de mettre la dernière main, mais qui pourra néanmoins, nous l'espérons, se publier sous sa forme actuelle. A la session de 1886 de la Société helvétique des sciences naturelles il avait lu et fait imprimer l'introduction de ce grand travail sous ce titre : « Les impressions réitérées. » L'idée mère de ce mémoire et celle qui est aussi à la base du travail plus étendu est, qu'une grande partie de nos jouissances esthétiques doit provenir de la répétition d'une même sensation. Les exemples abondent ; ils sont faciles à trouver dans le dessin et la musique où la symétrie, le rythme, la continuité qui produisent tous des sensations réitérées prennent une grande place. Mais ces cas sont loin d'être isolés et si l'on examine la question de près, on retrouve des faits analogues là où on en soupçonnerait moins facilement l'existence comme dans l'harmonie des couleurs ou dans le type que nous nous faisons de la beauté humaine. On comprend qu'en poussant cette analyse dans toutes les directions on puisse arriver à des résultats curieux, et, si certains d'entre eux sont peut être discutables, il y a cependant là le germe de beaucoup de questions intéressantes.

Dans le même ordre d'idées Soret avait étudié, dans un mémoire paru en 1885, le rôle du sens du toucher dans la perception du beau. Les aveugles sont, comme il le démontre, très accessibles à des sensations esthétiques correspondant dans une certaine mesure à celles que nous nous procurons par la vue ; ils ne peuvent naturellement les acquérir que par le tact. On en a vu avoir une perception très nette de la beauté humaine et manifester une impression pénible lorsqu'ils étaient mis en présence d'êtres



difformes. Les objets présentant une forme régulière leur plaisent toujours mieux que ceux dans lesquels un défaut quelconque vient rompre l'uniformité. Soret pensait même qu'avec de l'éducation on pourrait arriver à développer beaucoup le sentiment artistique chez les personnes privées de la vue. — Mentionnons aussi un travail sur les illusions que l'on peut observer dans le dessin ou la peinture ; on y trouvera des recherches originales sur les procédés employés par les artistes pour produire des effets que la peinture ne semble pas faite pour exprimer directement, le sentiment de la profondeur par exemple ou celui du mouvement.

Cette longue liste montre bien, comme nous l'avions dit en commençant, l'étendue et la variété de ses connaissances et nous n'avons parlé ni de ses recherches sur des sujets moins importants ni des nombreuses analyses de mémoires étrangers qu'il a publiées dans les *Archives*. Nous ne pouvons terminer cependant sans rappeler les notices biographiques qu'il a consacrées à A. de la Rive et à F.-J. Pictet. Successivement l'élève et l'ami de ces savants, il était mieux que personne qualifié pour résumer leur vie et leurs travaux et il a su se distinguer dans un genre bien différent de ceux qu'il traitait d'ordinaire. Tous ceux qui les ont lues n'oublieront pas ces portraits de deux individualités essentiellement genevoises et qui savaient concilier les exigences de la science avec les tracasseries de la vie politique.

Les soucis du professorat et les recherches scientifiques dont nous venons de parler n'absorbèrent point tout son temps. Chez lui, le savant était doublé d'un administrateur hors ligne ; on sait qu'il en est rarement ainsi. Le nombre est grand de ceux qui, très versés dans

les questions de science pure, sont bien loin d'être à la même hauteur lorsqu'il s'agit de la vie pratique ou de la gestion de leurs intérêts. Soret aurait fait, s'il l'avait voulu, un financier modèle ; très au courant de toutes les questions de comptabilité, il rendait, par la netteté et la précision de ses idées, de grands services dans les conseils d'administration des diverses sociétés dont il était membre. Il faisait partie du comité directeur de la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, depuis son origine en 1865. Il en fut longtemps le président et trouva là un champ d'activité particulièrement propre à faire valoir sa double qualité de savant et d'administrateur. Cette société, fondée par A. de la Rive dans le but de mettre facilement à la portée des physiciens genevois les instruments dont ils peuvent avoir besoin, a, depuis son origine, beaucoup étendu le cercle de ses opérations ; la fabrication des appareils scientifiques continue pourtant à faire sa réputation à l'étranger. — Soret possédait avec quelques amis une maison attenante aux ateliers de cette Société ; il pouvait y disposer d'instruments ayant appartenu à A. de la Rive et y trouvait pour ses expériences des ressources de tout genre. C'est là qu'il a fait la plupart de ses recherches dans les dernières années de sa vie, et la machine dynamo-électrique, toujours disponible à l'atelier, lui fut particulièrement commode dans ses travaux sur la partie ultra-violette du spectre. Inutile de dire que ce fut cette Société qui se chargea de construire les principaux instruments qu'il a inventés.

Il fut membre du Conseil de la Compagnie des colonies de Sétif de 1858-1872, dans un moment où la situation de cette Société était particulièrement difficile et loin d'être prospère. Ses aptitudes spéciales lui per-

mirent de rendre des services aussi bien dans l'administration de l'Hôpital ou de la Caisse d'Épargne que dans la commission consultative que la ville de Genève a constituée pour la gestion du théâtre. Mais c'est surtout la Société de l'industrie du gaz qui a eu le plus l'occasion de profiter de ses qualités exceptionnelles. Destinée à développer en dehors de Genève la production et l'utilisation du gaz d'éclairage, cette Société fondée en 1861 dut à Soret une bonne part de son essor et de sa réussite; il y entra d'abord en 1866 comme secrétaire général, mais déjà l'année suivante il devenait administrateur et depuis 1868, il en était, sous le titre d'administrateur délégué, le véritable directeur. Son esprit calme, pondéré et consciencieux trouvait là un champ tout préparé pour se distinguer, mais il est peut-être permis de regretter pour la science ces occupations absorbantes qui lui prenaient un temps précieux. D'autres sociétés encore avaient fait appel à sa bonne volonté, il avait été administrateur d'une compagnie que des liens étroits rattachaient à l'industrie du gaz et dont le siège social était à Mayence, et deux autres associations profitèrent jusqu'au bout de ses conseils, la Compagnie du gaz de Stuttgart et la Compagnie d'assurances la Genevoise.

Nous n'avons pas besoin de dire qu'il prenait aussi une large part à tout ce qui pouvait contribuer à développer le mouvement scientifique à Genève. Il faisait partie depuis 1854 de la rédaction des *Archives* et avait même dans les premiers temps assumé la plus grande partie de la direction de cette revue. Il était un des membres les plus assidus de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, où il était entré en 1854, et eut deux fois en 1869 et 1879 l'honneur de

la présider. Il y prenait fréquemment la parole non seulement pour y exposer ses propres recherches mais aussi en animant les séances par des discussions toujours intéressantes sur les matières à l'ordre du jour ou sur quelque actualité scientifique. Il tenait beaucoup à cette association, l'une des plus anciennes de Genève, et cherchait par tous les moyens possibles à exciter le zèle scientifique de ses membres. C'est à son instigation que cette Société décida de faire des recherches sur la transparence des eaux du lac Léman et nomma dans ce but une commission dont il fut le directeur et le principal organisateur. Il a joué aussi un rôle important dans la Société helvétique des sciences naturelles qui sert de lien entre les différentes Sociétés cantonales et qui se réunit chaque année dans l'une ou l'autre des principales localités de la Suisse. Il en était membre depuis 1855 et fut chargé de la présidence du comité central de 1880 à 1886. Il eut à ce titre à organiser et à diriger la session de 1886 qui se tint à Genève. Tous ceux qui ont assisté à cette réunion n'oublieront ni le tact parfait avec lequel il s'acquitta de ses fonctions ni la charmante réception que Madame Soret et lui avaient su ménager à leurs hôtes.

Enfin il rendit de grands services à la Société auxiliaire des sciences et des arts, il avait participé à sa fondation et il en fut pendant longtemps un des membres directeurs. Cette Société qui existe depuis 1878 a pour but de faciliter par des subventions pécuniaires le développement des sciences et des arts à Genève et dans la pensée de ses créateurs, elle devait aider surtout des institutions et des individus n'ayant aucune attache avec l'État. Soret inclinait à penser que ce champ d'action pouvait être élargi ;

il s'efforça donc et réussit souvent à faire accorder des allocations à l'Université ou à d'autres établissements officiels dans un but déterminé.

Quoique le cours de ses idées ne le portât pas à la politique militante, il ne se désintéressait pas de la chose publique ; sur les instances de ses amis il consentit même à mettre directement ses connaissances variées au service de son pays. En mai 1858 il était élu membre du Conseil municipal de la ville de Genève et peu de jours après, le 1<sup>er</sup> juin, il était choisi par ce corps pour faire partie du Conseil administratif, c'est-à-dire du pouvoir exécutif municipal. L'époque était assez critique ; la situation financière de la ville, fort embarrassée, exigeait un emprunt pour liquider l'arriéré et permettre des constructions plus ou moins indispensables, mais on n'était d'accord ni sur le chiffre de celui-là ni sur le nombre et l'importance de celles-ci. Il était à prévoir, ce qui arriva en effet, qu'il y aurait beaucoup de discussions et que tout ne se passerait pas le plus tranquillement du monde. Soret accepta néanmoins cette charge et fut désigné pour diriger les travaux publics et la voirie. — Pendant les quatre années de son mandat il prit une part active à des créations importantes, il développa le service hydraulique, réforma la voirie et fut un des promoteurs des horloges électriques qui distribuent encore maintenant l'heure exacte dans toute la ville. Une des constructions les plus importantes de Genève, le pont du Mont-Blanc, fut aussi étudié et achevé sous sa direction. Il n'assista cependant pas à son inauguration et, son temps écoulé, abandonna sans regret ces fonctions absorbantes. Il était heureux de pouvoir de nouveau consacrer son temps à la science.

Pour être plus tranquille il se décida à quitter Genève pendant quelques mois et en septembre 1862 il s'établissait à Heidelberg avec sa famille. Très bien reçu par la pléiade de savants distingués qui s'y trouvait à cette époque, il y contracta des liaisons amicales avec Helmholtz, Kirchhoff et Bunsen. Ce dernier lui accorda l'hospitalité de son laboratoire et c'est là que furent exécutées les recherches sur l'ozone. Au mois de mai suivant Soret avait le plaisir de recevoir la visite d'A. de la Rive et l'on peut se représenter l'intérêt que présentèrent les discussions de nos compatriotes avec les savants allemands. Malgré la difficulté de la langue, — de la Rive ne savait pas l'allemand et Kirchhoff très mal le français, — ces entretiens étaient fort animés et il fallait avoir recours quelquefois à l'anglais pour bien se comprendre.

Après plus d'une année de séjour à Heidelberg il se transporta à Iéna dans l'intention d'y jouir d'une tranquillité encore plus grande. Il y passa trois mois pendant lesquels il eut l'occasion de faire plusieurs visites à Weimar et d'être fort bien reçu par la famille du Grand-Duc. Il trouva à Iéna des ressources pour l'éducation de son fils et put y rédiger des mémoires scientifiques dont il avait réuni les éléments dans le laboratoire. Le retour à Genève s'effectua en visitant les principales universités de l'Allemagne, Berlin surtout, et c'est de ce séjour que datent ses rapports personnels avec l'impératrice Augusta alors reine de Prusse.

Revenu définitivement à Genève, il y passa sa vie assez tranquillement au milieu de toutes les occupations que nous avons signalées. Il s'était marié en 1853 et avait trouvé dans la famille Odier, à laquelle le rattachaient déjà des liens de parenté, une compagne qui devait partager

jusqu'au bout ses joies et ses peines et lui faciliter malgré sa santé délicate l'exercice d'une hospitalité toujours gracieuse. Plus tard il eut la satisfaction de voir son fils unique né en 1854 suivre aussi la carrière scientifique et occuper à côté de lui, après de brillantes études, la chaire de physique à l'Université de Genève. — Il n'avait pas tardé non plus à être l'objet de distinctions de tout genre ; un grand nombre de sociétés savantes tinrent à l'inscrire sur la liste de leurs correspondants ou de leurs honoraires ; nous citerons entre autres l'Académie des sciences de Bologne, celle des Nuovi Lincei et les Sociétés scientifiques de Iéna, Zurich, Lausanne et Bâle. L'Université de cette dernière ville lui avait aussi conféré le grade de docteur *honoris causa*. Sa réputation l'avait fait désigner comme l'un des vice-présidents de l'exposition d'instruments de physique qui eut lieu à Kensington en 1876 et l'exposition universelle de 1878 à Paris le compta au nombre de ses jurés. En 1887 le gouvernement français lui avait conféré le grade de chevalier de la Légion d'honneur et quelques mois avant sa fin il avait la grande satisfaction d'être désigné par l'Académie des sciences comme membre correspondant et successeur de Joule.

Soret était lié avec la plupart des savants de l'Europe et il avait au nombre de ses correspondants les noms les plus connus de la science. Ses relations avec Regnault, pour ne parler que d'un de ceux qui ne sont plus, n'avaient point cessé avec son séjour à Paris, elles n'étaient devenues que plus intimes et à l'élève avait succédé un ami précieux qui ne perdait aucune occasion de rendre service à son ancien professeur et qui sut dans des circonstances difficiles faire preuve pour lui d'un véritable

dévouement. En 1870, Regnault chassé de Paris par l'invasion allemande et presque sans ressources, vint à Genève et Soret eut la joie de le recevoir et de pouvoir mettre à sa disposition la campagne qu'il possédait à quelque distance de la ville. C'est là que quelques mois plus tard il avait à accomplir le triste devoir de lui annoncer la mort de son fils Henri qui venait d'être tué dans une sortie du siège de Paris. Nous ne pouvons aussi passer sous silence les témoignages nombreux d'estime et d'amitié qu'il reçut toute sa vie de la famille grand-ducale de Saxe-Weimar qui avait bien voulu continuer avec lui les relations si cordiales qu'elle entretenait toujours avec son oncle.

C'est au milieu de ces travaux et de toute cette activité que la terrible maladie qui devait l'emporter parut, s'avancant à pas lents mais sûrs. Depuis l'âge de cinquante ans sa santé avait subi quelques atteintes; il était obligé à d'assez fréquentes cures à Évian, à Aix ou ailleurs, mais rien ne pouvait faire prévoir le mal qui devait se déclarer dans la suite. Ce n'est que beaucoup plus tard qu'il en ressentit les premiers symptômes. Nous n'essaierons pas de décrire la fermeté et la sérénité héroïques dont il fit preuve jusqu'au bout. Ne s'inquiétant pas en apparence, surtout pour ne pas inquiéter les autres, il continua ses occupations tant que ses forces le lui permirent, utilisant les moindres instants de répit de cette longue torture pour mettre la dernière main à ses travaux et à ses affaires. Il acceptait sans se plaindre cette cruelle épreuve et répondait simplement à quelqu'un qui lui parlait des terribles révoltes du cœur dans certaines circonstances de la vie : « La révolte c'est inepte ! »

Nous n'oublierons jamais, pour notre part, les derniers



moments qu'il a bien voulu nous permettre de passer auprès de lui. Malgré les souffrances qu'il endurait et qui le forçaient quelquefois à s'interrompre, l'aimable sourire avec lequel il nous avait toujours accueilli reparaisait sur sa figure amaigrie et c'est avec une merveilleuse netteté qu'il nous donnait ses dernières instructions. Le 13 mai 1890 cette longue agonie était terminée et les témoignages d'affection et de respect affluaient auprès de sa famille affligée. Quelques jours plus tard M. de la Rive, à la Société de physique de Genève, et M. A. Cornu à l'Académie des sciences, résumaient en termes émus la carrière de leur savant ami.

Heureux ceux qui peuvent laisser de tels souvenirs.

---

## APPENDICE

### Liste des publications scientifiques de J.-L. Soret<sup>1</sup>.

#### ABBREVIATIONS.

- Archives.* — Archives des sciences physiques et naturelles de Genève.  
*Ann. de chim.* — Annales de chimie et de physique.  
*Ann. Chem. Pharm.* — Annalen der Chemie und Pharmacie.  
*C. R.* — Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris.  
*Phil. Mag.* — The philosophical Magazine.  
*Pogg. Ann.* — Annalen der Physik und Chemie von J.-C. Poggendorff.  
*Mém. Soc. phys.* — Mémoires de la Société de physique de Genève.

<sup>1</sup> M. le professeur Ch. Soret a bien voulu se charger de l'élaboration de cette liste.

- J. f. prakt. Chem.* — Journal für praktische Chemie.  
*Nuovi Lincei.* — Atti dell'Accademia pontificia dei Nuovi Lincei.  
*Heidelsb. Verh.* — Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg.  
*Act. Soc. helv.* — Actes de la Société helvétique des sciences naturelles.  
*Assoc. franç.* — Association française pour l'avancement des sciences.  
*J. de phys.* — Journal de physique théorique et appliquée.

### Électricité.

- Note sur la décomposition de l'eau par le courant voltaïque à différentes températures. *Archives*, 1854, XXV, 175.
- Sur la décomposition des sels de cuivre par la pile et la loi des équivalents électrochimiques. *Archives*, 1854, XXVII, 113; *Ann. de chim.*, 1854, XLII, 257. — En extrait : *C. R.*, 1854, XXXIX, 504.
- Sur la question de la transmission simultanée des courants électriques opposés dans le même fil. *Archives*, 1855, XXIX, 51.
- Sur la loi des équivalents électrochimiques. *Archives*, 1855, XXIX, 265. — En extrait : *C. R.*, XLI, 1855, 220, 412; *Phil. Mag.*, 1855, X, 210.
- Sur la décomposition électrochimique de l'eau servant de conducteur dans les phénomènes d'induction électrostatique. *Archives*, 1856, XXXI, 204; *Ann. de chim.*, 1856, XLVII, 119.
- Observations sur une note de M. Clausius, sur la relation entre l'action chimique et les effets produits par le courant. *Archives*, 1857, XXXVI, 123.
- Recherches sur la corrélation de l'électricité dynamique et des autres forces physiques.
- 1<sup>er</sup> mémoire. Sur les variations d'intensité que subit le courant électrique lorsqu'il produit un travail mécanique. *Mém. Soc. phys.*, 1858, XIV, 331. — En extrait : *Archives*, 1857, XXXVI, 38; *C. R.*, 1857, XLV, 304; *Brit. Assoc.*, 1857 (2).
- 2<sup>me</sup> mémoire. Sur la chaleur dégagée par le courant dans la portion du circuit qui exerce une action extérieure. *Mém. Soc. phys.*, 1858, XIV, 365. — En extrait : *Archives*, 1857, XXXVI, 49; *C. R.*, 1857, XLV, 380.
- 3<sup>me</sup> mémoire. Sur la chaleur dégagée par le courant dans la portion du circuit qui exerce une action extérieure, et sur les relations entre la valeur du travail externe et l'inten-

sité du courant. *Mém. Soc. phys.*, 1860, XV, 202. — En extrait : *Arch.*, 1859, IV, 66; *C. R.*, 1859, XLVIII, 187.

4<sup>me</sup> mémoire. Vérification de la loi électrolytique lorsque le courant exerce une action extérieure. *Mém. Soc. phys.*, 1866, XVIII, 129. — En extrait : *Archives*, 1864, XX, 324; *Pogg. Ann.*, 1865, CXXV, 57; *C. R.*, 1864, LIX, 485; *Phil. Mag.*, 1864, XXVIII, 563.

(Phénomène observé pendant le fonctionnement d'une machine électrique à plateau.) Note à propos d'un travail de Hearder. *Archives*, 1858, II, 63.

(Aimantation du fer doux incandescent dans une hélice.) *Mém. Soc. phys.*, 1860, XV, 493. Cité dans le rapport du président.

(Essai d'une théorie mécanique de l'électricité.) *Mém. Soc. phys.*, 1860, XVI, 201. Cité dans le rapport du président.

Sur les courants d'induction produits dans les bobines d'un électro-aimant lorsqu'on met une masse métallique en rotation entre ses pôles. *C. R.*, 1872, LXXIV, 527.

Action de l'électricité sur les poussières et la vapeur d'eau condensée. *Archives*, 1888, XIX, 394. *Beiblätter*, XIII, 37.

Sur un coup de foudre globulaire. *Archives*, 1888, XX, 581.

### Ozone.

Note sur la production de l'ozone par la décomposition de l'eau à de basses températures. *Archives*, 1854, XXV, 263; *J. f. prakt. Chem.*, 1854, LXII, 40; *C. R.*, 1854, XXXVIII, 445; *Pogg. Ann.*, 1854, XCII, 304.

Sur la production de l'ozone par l'électrolyse et sur la nature de ce corps. *Archives*, 1863, XVI, 208; *Pogg. Ann.*, 1863, CXVIII, 623; *Nuovi Lincei*, 1863, XVI, 638; *C. R.*, 1863, LVI, 390; *J. f. prakt. Chem.*, 1863, XC, 216; *Heidelb. Verh.*, 1863, III, 20; *Ann. chem. pharm.*, 1863, CXVIII, 623.

Sur les relations volumétriques de l'ozone. *Archives*, 1863, XVIII, 65. — Autre rédaction : *C. R.*, 1863, LVII, 604; *Heidelb. Verh.*, 1863, III, 82.

Experiments on ozone. *Phil. Mag.*, 1863, XXV, 208.

Recherches sur la densité de l'ozone. *Archives*, 1867, XXX, 306. — Autre rédaction : *Ann. de chim.*, 1866, VII, 113; 1868, XIII, 257. — En extrait : *C. R.*, 1865, LXI, 941; 1867, LXIV, 904; *Ann. Chem. Pharm.*, 1866, CXXXVIII, 45; V (supplém.), 1867, 148; *Phil. Mag.*, 1866, XXXI, 82; *Les Mondes*, 1866, IX, 720; *Pogg. Ann.*, 1867, CXXXII, 165.

Observations sur un mémoire de M. Otto Wolfenstein relatif à la densité de l'ozone. *Archives*, 1870, XXVIII, 67; *Pogg. Ann.*, 1870, CXLI, 294.

*Glaciers. Tremblements de terre. Seiches.*

Note sur le Schafloch, ou glacière naturelle du Rothhorn. *Archives*, 1861, X, 130.

Sur l'ancienne extension des glaciers. *Archives*, 1866, XXVII, 73.

(Av. Alph. Favre.) Projet relatif à une carte de la distribution des blocs erratiques en Suisse. *Act. Soc. helvét.*, 1867, 161.

(Av. Alph. Favre.) Rapports sur l'étude et la conservation des blocs erratiques en Suisse. *Act. Soc. helvét.*, 1868, 143; 1869, 169.

Tremblement de terre du 30 décembre 1879. *Journal de Genève*, 7 janvier 1880. (Voir *Archives*, III, 1880, 117.)

Sur les travaux de la commission sismologique suisse, et sur les tremblements de terre récemment ressentis en Savoie. *C. R.*, 1881, XCIII, 1130. — En extrait : *Archives*, VII, 1881, 405.

Tremblement de terre du 23 février 1887. *Archives*, 1887, XVIII, 307; 1888, XIX, 396; *C. R.*, 1887, CIV, 764, 1088.

Lettre à M. F.-A. Forel sur les seiches diçrotes. *Archives*, 1880, III, 11.

*Actinométrie.*

On aqueous vapour and solar radiation. *Phil. Mag.*, 1866, XXXII, 478.

Sur l'intensité de la radiation solaire. *C. R.*, 1867, LXV, 526; *Phil. Mag.*, 1867, XXXIV, 404.

Sur la radiation solaire. *C. R.*, 1868, LXVI, 810; *Pogg. Ann.*, 1868, CXXXIV, 330; *Phil. Mag.*, 1868, XXXV, 469.

Recherches sur l'intensité calorifique de la radiation solaire. *Assoc. franç.*, 1872, I, 282.

Comparaison des intensités calorifiques du rayonnement solaire et du rayonnement d'un corps chauffé à la lampe oxyhydrique. *Archives*, 1872, XLIV, 220; XLV, 252.

Sur la température du Soleil. *Archives*, 1875, LII, 89.

Observations sur une note de M. Violle, relative à la température du Soleil. *Archives*, 1876, LV, 217.

Note sur le rayonnement calorifique des corps à des températures élevées. *Archives* 1879, I, 86; *Beiblätter*, III, 490.

(Observations actinométriques; note très brève à la Soc. de physique.) *Archives*, 1884, XI, 630.

*Diffusion de la lumière.*

- Sur l'illumination des corps transparents. *C. R.*, 1869, LXIX, 1192; 1870, LXX, 519; *Phil. Mag.*, 1870, XXXIX, 221; *Archives*, 1870, XXXVII, 129.
- On the colour of the lake of Geneva. *Phil. Mag.*, 1889, XXXVII, 345.
- Sur la polarisation de la lumière bleue de l'eau. *Archives*, 1869, XXXV, 54; *Ann. de chim.*, 1869, XVIII, 377; *C. R.*, 1869, LXVIII, 911.
- Id., 2<sup>me</sup> note. *Archives*, 1870, XXXVII, 180.
- Id., 3<sup>me</sup> note. *Archives*, 1870, XXXIX, 352.
- Sur quelques phénomènes de polarisation par diffusion de la lumière. *Archives*, 1873, XLVIII, 231.
- Sur la polarisation par diffusion de la lumière. *Archives*, 1874, L, 243.
- Sur le pouvoir réfléchissant des flammes. *C. R.*, 1874, LXXVIII, 1299.
- Sur la diffusion de la lumière et l'illumination des corps transparents. *C. R.*, 1874, LXXIX, 35.
- Sur la couleur de l'eau. *Archives*, 1874, XI, 276. — Autre rédaction : *Mém. Soc. phys.*, 1887, XXIX; *J. de phys.*, 1884, III; *Beiblätter*, VIII, 508.

*Absorption.*

- Spectroscope à oculaire fluorescent. En extrait : *Archives*, 1873, XLVIII, 53; 1874, XLIX, 338; *Assoc. franç.*, 1873, II, 197; *Pogg. Ann.*, Jubelband, 1874, 407.
- Id., 2<sup>me</sup> note. *Archives*, 1876, LVII, 319; *Ann. de chim.*, 1877, XI, 72; *Assoc. franç.*, 1876, V, 292; *Beiblätter*, I, 190.
- Observations sur un mémoire de M. Schön. *Archives*, 1880, IV, 510; *Beiblätter*, V, 126.
- Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violet par diverses substances. *Archives*, 1877, LX, 298; 1878, LXI, 322; *Beiblätter*, II, 30 et 347.
- Id., 2<sup>me</sup> mémoire. *Archives*, 1878, LXIII, 89; *Beiblätter*, III, 196.
- Id., 3<sup>me</sup> mémoire. *Archives*, 1880, IV, 261, 377; *Beiblätter*, V, 125.
- Id., 4<sup>me</sup> mémoire. *Archives*, 1883, IX, 513; *Beiblätter*, VII, 600.

- Id., 5<sup>me</sup> mémoire. *Archives*, 1883, X, 429 ; 319 ; *Beiblätter*, VIII, 385.
- Id., 6<sup>me</sup> mémoire (av. A. Rilliet). *Archives*, 1890, XXIII, 5 ; *Beiblätter*, XIV, 373.
- Recherches sur l'absorption des rayons ultra-violetes par diverses substances. *C. R.*, 1878, LXXXVI, 708.
- Sur les spectres d'absorption ultra-violetes des terres de la gadolinite. *C. R.*, 1878, LXXXVI, 1062 ; *Beiblätter*, II, 410.
- Sur les spectres d'absorption du didyme et de quelques substances extraites de la samarskite. *C. R.*, 1879, LXXXVIII, 422.
- Sur la transparence des milieux de l'œil pour les rayons ultra-violetes. *C. R.*, 1879, LXXXVIII, 1012 ; *Beiblätter*, III, 620.
- Sur le spectre des terres faisant partie du groupe de l'yttria. *C. R.*, 1879, LXXXIX, 521 ; *Beiblätter*, IV, 43.
- (Av. A. Rilliet.) Sur les spectres d'absorption ultra-violetes des éthers azotiques et azoteux. *C. R.*, 1879, LXXXIX, 747 ; *Beiblätter*, IV, 278.
- Sur les spectres d'absorption des métaux faisant partie des groupes de l'yttria et de la cérite. *C. R.*, 1880, XCI, 378 ; *Beiblätter*, V, 124.
- (Av. A. Rilliet.) Absorption des rayons ultra-violetes par les alcools de la série grasse. *Archives*, 1880, IV, 380.
- Sur la visibilité des rayons ultra-violetes. *C. R.*, 1883, XCVII, 314 ; *Beiblätter*, VII, 856.
- Sur l'absorption des rayons ultra-violetes par les milieux de l'œil et par quelques autres substances. *C. R.*, 1883, XCVII, 572 ; *Beiblätter*, VII, 856.
- Sur l'absorption des rayons ultra-violetes par les substances albuminoïdes. *C. R.*, 1883, XCVII, 644 ; *Beiblätter*, VIII, 385.
- Sur le spectre d'absorption du sang dans la partie violette et ultra-violette. *C. R.*, 1883, XCVII, 1269 ; *Beiblätter*, VIII, 385.
- Rapport de la commission nommée par la Soc. de phys. pour l'étude de la transparence du lac. *Archives*, 1884, XII, 158.
- Id., 2<sup>me</sup> rapport. *Archives*, 1886, XV, 413.
- (Av. Ed. Sarasin.) Sur le spectre d'absorption de l'eau. *C. R.*, 1884, XCVIII, 624 ; *Archives*, 1884, XI, 327 ; *Beiblätter*, VIII, 508.
- Absorption des rayons ultra-violetes par quelques-uns des corps formant les premiers termes de la série aromatique. *Archives*, 1887, XVIII, 317, 344 ; *Beiblätter*, XII, 246.
- (Av. A. Rilliet.) Sur l'absorption des rayons ultra-violetes par quelques substances organiques faisant partie de la série grasse. *C. R.*, 1890, CX, 137.

*Polarisation rotatoire du quartz.*

(Av. Ed. Sarasin.) Sur la polarisation rotatoire du quartz. *Archives*, 1882, VIII, 5, 97, 201; *Beiblätter*, VI, 942. — Extraits et notes préliminaires : *Archives*, 1875, LIV, 253; 1881, VI, 247; *Assoc. franç.*, 1876, V, 294; *C. R.*, 1875, LXXXI, 610; 1876, LXXXIII, 818; 1877, LXXXIV, 1362; 1882, XCV, 635; *Beiblätter*, I, 113 et 396.

*Optique météorologique.*

Sur une particularité de la polarisation de la lumière du ciel. *Archives*, 1877, LX, 301; *Act. Soc. helvét.*, 1877, 51.

Sur la grande transparence que l'atmosphère possède quelquefois avant la pluie. *Archives*, 1884, XI, 102, 324; 1888, XX, 591; *Beiblätter*, XIII, 495.

Polarisation de la lumière venant des lueurs crépusculaires. *Archives*, 1884, XI, 323.

Sur les phénomènes de polarisation qui accompagnent les Gloires observées sur les nuages à l'opposite du Soleil. *Archives*, 1884, XI, 448; 1885, XIII, 79.

Observation microscopique des globules de vapeurs. *Archives*, 1885, XIV, 575; *Beiblätter*, X, 346.

Note sur les paranthélies. *Archives*, 1888, XX, 472; *Ann. de chim.*, 1887, XI, 415. — En extrait : *Archives*, 1886, XVI, 589.

Sur la polarisation atmosphérique. *Archives*, 1888, XX, 429; *Ann. de chem.*, 1888, XIV, 503. — En extrait : *Archives*, 1888, XIX, 89; *C. R.*, 1888, CVI, 203; *Beiblätter*, XIII, 312.

Influence des surfaces d'eau sur la polarisation atmosphérique, et observation de deux points neutres à droite et à gauche du Soleil. *Archives*, 1888, XX, 589; *C. R.*, 1888, CVII, 867; *Beiblätter*, XIII, 314.

Id., 2<sup>me</sup> note. *Archives*, 1889, XXI, 456.

Phénomènes de mirage. *Archives*, 1888, XX, 302.

(Av. C. Soret.) Observations du point neutre de Brewster. *Archives*, 1889, XXI, 28; *Beiblätter*, XIII, 314. — Abrégé : *C. R.*, 1888, CVII, 621.

Lorgnette goniométrique. *Archives*, 1889, XXI, 21; *Beiblätter*, XIII, 494.

*Sujets divers.*

(Études hypsométriques), cité dans le rapport du président de la Soc. de phys., 1863, XVII, 249.

Sur la dispersion anormale de quelques substances. *Archives*, 1871, XL, 280.

Sur la dispersion anormale. *Archives*, 1872, XLIV, 81.

Sur le renversement de la raie du sodium. *Archives*, 1871, XLI, 64.

Relations harmoniques entre les raies du spectre d'un même corps. *Archives*, 1871, XLII, 82.

Sur les phénomènes de diffraction produits par les réseaux circulaires. *Archives*, 1875, LII, 320; *Ann. de chim.*, 1876, VII, 409. — En extrait : *C. R.*, 1875, LXXX, 483.

Sur la fluorescence des sels de métaux terreux. *C. R.*, 1879, LXXXVIII, 1097; *Beiblätter*, III, 620.

Photographies microscopiques instantanées. *Archives*, 1884, XII, 482.

(Av. Ed. Sarasin.) Sur l'indice de réfraction de l'eau de mer. *Archives*, 1889, XXI, 509. — En extrait : *C. R.*, 1889, CVIII, 1248; *Beiblätter*, XIII, 669.

Abrégé de la théorie des lentilles épaisses (autographié). Sans date.

*Optique physiologique. Esthétique. Acoustique.*

Sur un phénomène de vision binoculaire. *Archives*, 1855, XXX, 136.

Sur le diapason. *Archives*, 1885, XIII, 47; *Beiblätter*, IX, 778.

Sur la détermination photographique de la trajectoire d'un point du corps humain pendant les mouvements de locomotion. *Archives*, 1885, XIV, 94; *C. R.*, 1885, CI, 273.

Sur le rôle du sens du toucher dans la perception du beau, particulièrement chez les aveugles. *Archives*, 1885, XIV, 350.

De la grâce dans les mouvements. *Archives*, 1885, XIV, 260.

Les impressions réitérées. *Archives*, 1886, XVI, 89.

Sur quelques-unes des illusions que produisent le dessin et la peinture artistique. *Archives*, 1888, XX, 368.

*Biographies. Rapports.*

Article nécrologique sur F.-J. Pictet. *Archives*, 1872, XLIII, 207.



### 346 NOTICE SUR LA VIE ET LES TRAVAUX, ETC.

Notice biographique sur F.-J. Pictet. *Archives*, 1872, XLIII, 342.  
Article nécrologique sur Aug. de la Rive. *Archives*, 1873, XLVIII, 273.

Notice biographique sur Aug. de la Rive. *Archives*, 1877, LX, 5.  
Rapports du président de la Société de physique. *Mém. Soc. phys.*, 1870, XX, 543 ; 1880, XXVII, 1.

Rapport sur les instruments de précision à l'Exposition universelle de 1878, à Paris.

#### *Comptes rendus.*

Relation des expériences entreprises par M. Regnault. *Archives*, 1850, XIII, 5, 89 ; XIV, 27.

Compte rendu des travaux sur la compressibilité des liquides de Regnault, de Wertheim et de Grassi. *Archives*, 1851, XVI, 290.

Recherches sur les quantités de chaleur dégagées dans les actions chimiques, par MM. Favre et Silbermann. *Archives*, 1853, XXIII, 313.

Lettre à Aug. de la Rive sur les expériences de Palagi. *Archives*, 1853, XXIV, 174.

Travaux de Wertheim et de Kupffer sur l'élasticité et la cohésion des corps solides. *Archives*, 1854, XXV, 40.

Revue de recherches expérimentales sur l'équivalence du travail mécanique et de la chaleur. *Archives*, 1854, XXVI, 33.

Recherches de Forbes et de Regnault sur la détermination des hauteurs par la température d'ébullition de l'eau. *Archives*, 1855, XXX, 290.

Recherches de Hirn sur l'équivalent mécanique de la chaleur. *Archives*, 1859, VI, 146.

Les glaciers, par Tyndall. *Archives*, 1862, XIII, 199.

Travaux de Helmholtz sur la perception des sons envisagée comme base de la théorie de la musique. *Archives*, 1863, XVII, 194 ; XVIII, 229.

Nombreux articles de critique scientifique, publiés sans signature ou avec la signature L. S. dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*, depuis 1846.

**EXPÉRIENCE DE DÉMONSTRATION**  
**SUR LA**  
**CAPACITÉ INDUCTIVE SPÉCIFIQUE**

**PAR**  
**M. Ch.-Ed. GUILLAUME**

---

M. le Dr Robert Weber, professeur à l'Académie de Neuchâtel, a indiqué dernièrement<sup>1</sup> un dispositif très pratique permettant de montrer à un nombreux auditoire les propriétés inductives des diélectriques. Ce dispositif, qui consiste à employer deux cristallisoirs concentriques munis d'armatures, dans l'intervalle annulaire desquels on introduit un liquide, aurait de plus, ainsi que j'ai eu l'occasion de le faire remarquer<sup>2</sup>, l'immense avantage d'éliminer complètement la polarisation des électrodes. De cette manière, l'effet inducteur proprement dit serait complètement séparé de celui que l'on mesure dans les condensateurs électrolytiques. L'appareil employé par M. Weber pourrait sans aucun doute servir à

<sup>1</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIII, p. 489.

<sup>2</sup> *Lumière électrique*, juin 1889, t. XXXII, p. 614.

des mesures précises dans tous les cas où il est impossible de plonger les armatures dans le liquide. Cependant, les nombres qu'il indique sont très éloignés de ceux que l'on admet généralement; ils sont jusqu'à vingt fois trop forts, et il est impossible d'imputer l'erreur à des mesures, même si elles n'ont d'autre prétention que de servir à démontrer le phénomène. La faute doit être cherchée bien plutôt dans le mode de calcul adopté par M. Weber.

Il n'est pas douteux que, dans la plupart des expériences de ce genre faites jusqu'ici, la conductibilité a joué un rôle dont on n'a pas assez tenu compte. Dans le cas du mercure examiné par M. Weber, l'effet observé est dû uniquement à la conductibilité, sans que la plus petite fraction du phénomène puisse être attribuée à la capacité inductive du liquide. Pour les autres liquides, tels que l'eau et la benzine, qui ne paraissent conduire l'électricité que par suite des impuretés qu'ils contiennent, l'effet dû à la conduction dépend des conditions de l'expérience. La discussion de ce cas, extrêmement compliqué, donnerait à cette note une étendue hors de proportion avec son importance. Qu'il suffise de dire que les conclusions absolument exactes relatives au mercure s'appliquent dans une mesure variable aux autres liquides, et que l'on peut commettre de grossières erreurs si l'on n'en tient pas compte.

Considérons une surface d'étendue  $4\pi$  sur un condensateur indéfini formé par deux armatures parallèles, situées à la distance  $D$ ; supposons que, entre ces plaques, l'épaisseur  $\Delta$  soit remplie par de l'air, et le reste,  $D-\Delta$ , occupé par un diélectrique de capacité inductive spécifique  $k$ . La capacité de ce condensateur est

$$(1) \quad C_1 = \frac{1}{\frac{D-\Delta}{k_1} + \frac{\Delta}{k_2}}$$

Si maintenant nous supposons l'espace  $\Delta$  rempli par un conducteur, le condensateur agira comme si l'espace  $\Delta$  était supprimé et sa capacité deviendra

$$(2) \quad C_2 = \frac{k_1}{D-\Delta}$$

Mais si, par un défaut d'interprétation, nous assimilons le conducteur à un diélectrique de capacité inductive inconnue  $k_1$ , nous serons conduits à poser

$$(3) \quad C_2 = \frac{1}{\frac{D-\Delta}{k_1} + \frac{\Delta}{k_2}}$$

Ces deux équations ne peuvent exister simultanément que pour  $k_1 = \infty$ ; pour tout conducteur, des mesures bien faites doivent donc donner cette valeur *fictive* de la capacité inductive spécifique.

Il me paraît peu probable que les mesures de M. Weber, devaient conduire à la valeur 111 qu'il a trouvée, et il semble plutôt que le reste de l'écart doit être attribué à l'emploi de l'eau comme liquide étalon.

Il est évident que, sans avoir recours à aucun liquide de capacité inductive connue, on peut déterminer les constantes de l'appareil à l'aide d'un liquide conducteur, à la seule condition de connaître le pouvoir inducteur spécifique du verre des cristallisoirs; on utilisera pour

cela les équations (1) et (2); l'équation (3), relative à un nouveau liquide, servira à calculer sa capacité inductive; il suffira de remplacer le premier membre par la quantité  $C$ , que l'on mesurera.

Supposons, pour fixer les idées, que le condensateur soit formé par deux lames de verre de capacité inductive spécifique égale à 7, de 1 mm. d'épaisseur, distantes de 10 mm., l'introduction du mercure dans l'appareil augmente sa capacité dans le rapport de 1 à 36, et l'expérience ne peut manquer de frapper vivement l'esprit des élèves; cependant, nous ne croyons pas qu'il soit légitime de faire une expérience de démonstration, si concluante soit-elle, dans laquelle l'effet que l'on constate est dû en entier à une cause étrangère au phénomène que l'on veut démontrer.

---

SUR LA

# MESURE DES TENSIONS DES VAPEURS

PAR

LES MÉTHODES STATIQUE ET DYNAMIQUE

PAR

**M. Georges-W.-A. KAHLBAUM**

Professeur à l'Université de Bâle.

---

Communiqué à la Section de physique de la Société helvétique des sciences  
naturelles, le 19 août 1890, à Davos.

---

Il y a deux méthodes pour mesurer la tension de vapeur d'un liquide : la méthode statique et la méthode dynamique.

Dans la méthode statique, on observe la pression qu'exerce la vapeur d'un liquide dans le vide barométrique et à une certaine température. La méthode dynamique détermine le point d'ébullition d'un liquide sous une pression donnée.

Dans le premier cas on mesure donc la pression qu'exercent sur une colonne de mercure les molécules qui s'échappent de la surface d'un liquide à une certaine température, et dans le second cas, au contraire, on

mesure la température nécessaire pour produire un changement d'état du liquide sous une certaine pression donnée.

J'ai étudié autrefois le point d'ébullition d'un assez grand nombre de corps, à de basses pressions, par la méthode dynamique. Je faisais le vide dans un appareil composé d'une cornue en platine munie d'un réfrigérant et d'un autre récipient en verre, jusqu'à ce que j'eusse produit à l'intérieur une pression donnée que je maintenais constante. Alors je déterminais le point d'ébullition par la méthode bien connue et en usant des mesures de précaution nécessaires. J'entrerais ici dans quelques considérations à propos des résultats obtenus alors.

Parmi les corps que je soumis à cette étude se trouvaient entre autres les acides gras, tels que les acides formique, propionique, butyrique et isovalérique. A ceux-là se joignait l'acide acétique, déjà étudié par M. Richardson de Bristol, par la méthode dynamique aussi. En 1868, M. H. Landolt avait entrepris, dans un travail spécial la détermination des tensions de vapeur de ces mêmes acides, par la méthode statique. Le tableau qui suit donne la comparaison des résultats obtenus :

Pression en mm.	Acide formique.			Acide acétique.			Acide propionique.		
	Stat.	Dyn.	Diff.	Stat.	Dyn.	Diff.	Stat.	Dyn.	Diff.
10	—	—	—	6,0	17,2	11,2	24,1	46,5	22,4
15	—	—	—	14,8	24,8	10,0	34,0	51,6	17,6
20	11,6	19,9	8,3	21,3	30,1	9,8	41,1	55,4	14,3
25	15,7	22,0	6,3	26,5	34,2	8,7	46,5	59,0	12,5
30	19,2	23,7	4,5	30,8	37,4	6,6	51,0	62,8	11,8
35	22,1	25,6	3,5	34,5	40,3	5,8	55,0	65,7	10,7
40	24,7	27,3	2,6	37,7	43,0	5,3	58,3	68,0	9,7
45	27,2	29,1	1,9	40,6	45,5	4,9	61,4	70,0	8,6
50	29,3	30,7	1,4	43,2	47,9	4,7	64,2	71,6	7,4

Pression en mm.	Acide butyrique.			Acide isovalérique.		
	Stat.	Dyn.	Diff.	Stat.	Dyn.	Diff.
10	28,9	63,6	34,7	34,7	71,8	37,1
15	40,8	68,7	27,9	46,8	78,5	31,7
20	49,3	73,0	23,7	56,0	83,7	27,6
25	55,8	76,9	21,1	63,2	88,4	25,2
30	61,3	80,5	19,2	69,1	91,6	22,5
35	66,5	83,2	16,7	73,9	94,6	21,0
40	70,0	85,9	15,9	78,2	97,0	18,8
45	73,5	87,8	14,3	82,0	99,8	17,8
50	76,7	90,3	13,6	85,9	100,7	14,8

Un coup d'œil jeté sur les chiffres ci-dessus montre que les résultats présentent des différences très considérables suivant qu'ils ont été obtenus par la méthode statique ou par la méthode dynamique. Il y a plus. Ces différences ne se produisent pas indifféremment en plus ou en moins, leurs oscillations ne sont pas sans une certaine régularité, elles varient plutôt d'une façon tout à fait déterminée et caractéristique. Elles présentent d'une part un accroissement constant à mesure que la pression diminue, et d'autre part si on observe les différences à pression et température constantes on voit que ces différences croissent avec la teneur en carbone des différents corps soumis à l'expérience. C'est ce que montre le tableau suivant :

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
Pression.....	20 <sup>mm</sup>	20 <sup>mm</sup>	20 <sup>mm</sup>	20 <sup>mm</sup>	20 <sup>mm</sup>
Temp. ....	11.6	21.3	41.1	49.3	56.0
Diff.....	8.3	9.8	14.3	23.7	27.6
Pression.....	50 <sup>mm</sup>	50 <sup>mm</sup>	50 <sup>mm</sup>	50 <sup>mm</sup>	50 <sup>mm</sup>
Temp. ....	29.3	43.2	64.2	76.7	85.9
Diff.....	1.4	4.7	7.4	13.6	14.8

A égalité de température les différences croissent avec la teneur en carbone :



	Acide formique.	Acide acétique.	Acide propionique.	Acide butylique.	Acide isovalérique.
Temp. 34°.	1°1	6°8	17°6	30°0	36°2

Si la présence d'un peu d'air dans la chambre barométrique suffit pour expliquer le premier mode de régularité dans les différences, on ne peut pas si facilement deviner la cause de l'accroissement des différences avec le nombre d'atomes de carbone. En tout cas je trouve qu'on n'est pas autorisé à attribuer de prime abord à des erreurs d'expériences la variation si importante et si régulière qui se présente dans ces différences. D'autant plus que les chiffres de M. Landolt non seulement furent trouvés exacts par MM. Kanowalow et Schumann après vérification expérimentale, mais encore, introduits comme éléments de calculs dans la construction des courbes des tensions de vapeur des mélanges d'eau avec des acides gras, ils donnèrent des résultats satisfaisants. D'un autre côté mes propres chiffres furent contrôlés à plusieurs reprises, soit par moi, soit par d'autres observateurs, et ainsi parfaitement établis; de telle façon que l'on ne pouvait pas mettre en doute l'exactitude de *mes* chiffres. On ne pouvait pas établir une comparaison des résultats donnés par les deux méthodes pour d'autres substances, les observations faisant défaut.

Ces différences persistantes étant demeurées inexpliquées je conclus que les méthodes statique et dynamique pour la détermination des tensions de vapeurs ne donnent pas des résultats concordants.

Je pensais que l'explication de ce fait étonnant pouvait être trouvée dans les considérations suivantes. Dans la méthode statique, la force de cohésion doit être vaincue seulement par les molécules situées à la surface du

liquide où la cohésion n'agit pas en tous sens et où à la température ordinaire il y a déjà évaporation. Tandis que dans la méthode dynamique, quand on chauffe le liquide, la cohésion doit être vaincue par toutes les molécules, même par celles situées à l'intérieur du liquide.

Or ce point de vue est faux. Lorsqu'on chauffe les liquides il n'y a aussi qu'une évaporation (ou production de vapeur) superficielle. Les bulles de vapeur qui montent de l'intérieur du liquide ne se produisent qu'en des lieux où se trouvaient auparavant de l'air ou déjà d'autres bulles gazeuses, et où, par conséquent, l'homogénéité du liquide était rompue, c'est-à-dire là où pouvaient se produire des phénomènes semblables aux phénomènes superficiels.

L'essai d'explication était donc faux et il en était aussi de même de l'affirmation que les deux méthodes donnaient des résultats différents. Les deux méthodes, au contraire, donnent des chiffres absolument concordants. L'écart entre les résultats publiés s'explique par le fait que les observations de M. Landolt sont inexactes. Les progressions si particulières et si caractéristiques dans les différences sont un pur jeu du hasard.

La question de savoir si les deux méthodes donnent les mêmes résultats n'est pas nouvelle. Soulevée en 1779 par Southorn et Creighton, elle fut clairement posée pour la première fois en 1819 par John Dalton et résolue dans le sens *négalif*, c'est-à-dire dans celui vers lequel je penchais à la suite de mes précédentes recherches. De même, quoique d'une manière plus réservée, Regnault se prononça *contre* la concordance des méthodes, et à sa suite une série d'autres observateurs; ainsi encore, en mai de cette année, Carl Barus dans son travail classique : « On

the Thermo-Electric Measurement of High Temperatures » partage cette opinion.

D'autres savants se sont élevés contre ces conclusions et ont défendu le point de vue de la concordance des deux méthodes, mais en faisant fausse route quant au choix des arguments. Ce furent, entre autres, MM. Ramsay et Young à Bristol, et encore tout récemment, c'est-à-dire à une époque où mes recherches étaient déjà très avancées, le Dr Müller-Erzbach à Brême et le prof. Raoult à Grenoble.

Pour résoudre d'une manière satisfaisante cette question si débattue, il fallait suivre une double voie. D'abord il fallait répéter les expériences faites par M. Landolt en suivant exactement la marche qu'il avait choisie; en second lieu, il fallait mesurer par la méthode dynamique la force d'expansion de corps dont les tensions aient été déterminées avec une sûreté pour ainsi dire absolue.

Au milieu des difficultés exceptionnelles qui se présentent dans l'application de la méthode statique il ne se trouve jusqu'à présent que deux corps dont on ait pu établir les tensions avec une exactitude suffisante pour que l'on puisse les appliquer sans hésitation au but signalé plus haut. Il y a d'abord l'eau, grâce aux expériences de Magnus et de Regnault, et en second lieu le mercure pour lequel on possède les mesures faites par Regnault, Hertz, Hagen et Ramsay et Young, mesures pour lesquelles la suffisante concordance des résultats est une garantie d'exactitude.

J'ai mesuré dynamiquement la tension de ces deux corps, eau et mercure, avec le précieux concours de M. le Dr G.-C. Schmidt. Comme une description des appareils employés serait difficile à comprendre sans un

dessin<sup>1</sup>, je la laisse de côté ici et je vais communiquer immédiatement le résultat.

Par une interpolation graphique on a tiré les valeurs suivantes des chiffres observés directement. Je donne à côté les valeurs correspondantes observées par Regnault. Dans la quatrième colonne sont inscrites les différences.

## Eau.

Temp.	K. et S.	R.	Diff.	Temp.	K. et S.	R.	Diff.
10°C	9,36	9,20	+0,16	25°C	23,23	23,52	-0,29
11	9,89	9,77	+0,12	26	24,61	24,96	-0,35
12	10,46	10,43	+0,03	27	26,20	26,47	-0,27
13	11,13	11,14	-0,01	28	27,80	28,07	-0,27
14	11,89	11,88	+0,01	29	29,65	29,74	-0,09
15	12,69	12,67	+0,02	30	31,58	31,51	+0,07
16	13,49	13,51	-0,02	31	33,55	33,37	+0,18
17	14,40	14,39	+0,01	32	35,64	35,32	+0,32
18	15,35	15,33	+0,02	33	37,80	37,37	+0,43
19	16,31	16,32	-0,01	34	40,20	39,52	+0,68
20	17,31	17,36	-0,05	35	42,36	41,78	+0,58
21	18,35	18,47	-0,12	36	44,67	44,15	+0,52
22	19,42	19,63	-0,21	37	47,10	46,65	+0,45
23	20,61	20,86	-0,25	38	49,65	49,16	+0,49
24	21,90	22,15	-0,25	39	52,30	52,60	-0,30

Comme les chiffres sont lus à l'œil nu sur une graduation faite sur verre on peut considérer la concordance des chiffres comme très bonne.

Les différences se montent en moyenne à 0,3<sup>mm</sup>, atteignent pour 34° la valeur 0,7 et retombent à 0,04<sup>mm</sup> pour 13°, 14°, 17° et 19°.

Les chiffres obtenus par Magnus et Regnault varient, entre les mêmes intervalles de température, en moyenne de 0,04<sup>mm</sup>. L'écart atteint son maximum pour 32°-37°

<sup>1</sup> Pour les détails voir : *Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel*, Bd. 9, Heft 2.

où il est de 0,07, et le minimum est à 18°-22°, mais il ne descend pas au-dessous de 0,04.

Comme on le voit les chiffres ci-dessus montrent une correspondance excellente entre les méthodes.

Pour le mercure on a trouvé les résultats ci-dessous. Les chiffres entre 120 et 220° C. furent obtenus par interpolation graphique des valeurs directement observées. Ceux entre 120° et 0° furent extrapolés mathématiquement au moyen de la formule que Regnault avait déduite de ses recherches. La troisième colonne donne les valeurs trouvées par Hertz et la quatrième les différences entre les deux observations. Ces chiffres montrent encore une concordance aussi parfaite qu'on pourrait la désirer.

#### Mercure.

Temp.	K. et S.	Hertz.	Diff.	Temp.	K. et S.	Hertz.	Diff.
0° C	0,006	0,00019	+0,00581	120°	0,71	0,779	-0,069
10	0,009	0,00050	+0,00850	130	1,28	1,24	+0,04
20	0,014	0,0013	+0,0037	140	1,97	1,93	+0,04
30	0,022	0,0029	+0,0191	150	2,99	2,93	+0,06
40	0,035	0,0063	+0,0287	160	4,43	4,38	+0,07
50	0,055	0,013	+0,042	170	6,40	6,41	-0,01
60	0,085	0,026	+0,059	180	9,14	9,23	-0,09
70	0,13	0,050	+0,080	190	12,98	13,07	-0,09
80	0,20	0,093	+0,107	200	18,10	18,25	-0,15
90	0,30	0,165	+0,135	210	25,17	25,12	-0,05
100	0,45	0,285	+0,165	220	34,79	34,90	-0,11
110	0,66	0,478	+0,182				

Les chiffres précédents montrent, aussi bien pour toute l'étendue du tableau que pour des distances intermédiaires, une différence moyenne de 0,07<sup>mm</sup> seulement.

J'ai encore mesuré, en collaboration avec M. G.-C. Schmidt, par la méthode statique la tension de l'acide isovalérique. Les détails de l'expérimentation et la descrip-

tion de l'appareil employé demanderaient des développements trop longs pour être donnés ici, aussi dois-je encore me contenter d'exposer les résultats, obtenus par interpolation graphique.

Dans le tableau suivant la seconde colonne renferme les chiffres que j'ai obtenus par la voie dynamique, la troisième ceux que M. G.-C. Schmidt et moi avons obtenus par la voie statique; la quatrième montre les différences entre les deux méthodes. Une cinquième colonne renferme les chiffres donnés par M. Landolt, et dans une sixième sont notées les différences qui leur correspondent.

**Acide isovalérique.**

Pression en mm.	K. dyn.	K. et S. stat.	Diff. dyn.-stat.	Landolt stat.	Diff. K. et L.
10	71,8° C	70,9° C	+ 0,9	34,7° C	36,2
12,5	75,3	75,1	+ 0,2		
15	78,5	78,5	0,0	46,8	31,7
17,5	81,2	81,4	- 0,2		
20	83,7	83,7	0,0	56,0	26,7
22,5	86,1	85,8	- 0,3		

L'ensemble des chiffres exposés ci-dessus montre presque d'une manière évidente dans quel sens doit être résolue la question de la concordance entre les méthodes statique et dynamique de détermination des tensions de vapeur. Assurément, et sans aucun doute, c'est dans le sens affirmatif. Il existe un parfait accord entre ces deux méthodes.

Mais il importe de signaler encore ici, avant de terminer, une conséquence importante qui découle de la solution à laquelle nous venons d'arriver.

La question qui vient de nous occuper ayant été tran-

chée dans le sens indiqué, on peut mettre de côté la méthode introduite pour la première fois par James Watt en 1764 et qui consiste à mesurer les tensions dans le vide barométrique. Cette méthode, qui constitue une des tâches les plus difficiles qui puisse se présenter dans le champ des mesures physiques, peut donc être remplacée par la méthode incomparablement plus simple de la détermination du point d'ébullition.

Pour arriver à cette conclusion, et pour l'asseoir sur un terrain solide, il fallait opérer avec toutes les précautions possibles, car ce n'était pas l'acquisition de résultats approchés, mais celle de valeurs définitives qui pouvait mener à bonne fin.

# L'ŒIL PRIMITIF DES VERTÉBRÉS

PAR

**E. BÉREANECK** <sup>1</sup>

Professeur à l'Académie de Neuchâtel.

---

Avec la Planche III.

---

Communiqué à la 1<sup>re</sup> assemblée générale de la Société helvétique des sciences naturelles, à Davos, le 18 août 1890.

---

La morphologie des Vertébrés a fait, durant ces dernières années, des progrès considérables. Autrefois, on considérait cet embranchement comme formant un groupe isolé, indépendant, et c'est à peine si l'on soupçonnait des liens de parenté entre ces Vertébrés et l'ensemble des divisions zoologiques qu'on leur opposait sous le nom d'Invertébrés. Aujourd'hui, les lacunes qui séparaient les animaux à vertèbres des animaux sans vertèbres ont été

<sup>1</sup> Ce travail était terminé lorsque j'ai eu connaissance d'un mémoire de M. B. Scharp sur « les homologies du cristallin des Vertébrés, » paru en 1884 dans les *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. Cet auteur arrive à des conclusions très semblables à celles auxquelles je suis parvenu, mais en s'appuyant sur d'autres considérations. Ce mémoire ne traite la question qu'en passant et n'a pas été complété depuis, que je sache. Mon travail est donc complètement indépendant de celui de M. Scharp.



en grande partie comblées, le cadre de l'ancien embranchement des Vertébrés est devenu trop étroit et une étude plus attentive de l'organisation et du développement de l'Amphioxus et des Tuniciers nous a fourni de précieux renseignements sur l'arbre généalogique des Vertébrés, dont les racines plongent sans aucun doute jusque dans l'embranchement des Vers.

Le type chordé s'est dégagé peu à peu de ces humbles origines et s'est transformé dans le cours des âges géologiques en Vertébré actuel en acquérant, pendant cette longue évolution et par suite de différenciations successives, des organes dont la complexité croissante ne laisse que très difficilement deviner la structure première. Parmi ces derniers, un des plus importants est l'œil dont les caractères anatomiques s'adaptent d'une manière si parfaite aux délicates fonctions qu'il est appelé à remplir dans l'organisme. Comment s'est-il formé? Représente-il, tel que nous le connaissons actuellement, l'organe visuel primitif des Vertébrés, ou bien sa vraie philogénie n'est-elle peut-être pas masquée par une formation secondaire qui est devenue par voie de transformisme la véritable partie réceptrice des impressions lumineuses? Enfin, comment l'œil cérébral ou encéphalique des Vertébrés dérive-t-il de l'œil de provenance ectodermique, c'est-à-dire formé aux dépens de la peau des Invertébrés? Pour résoudre ces différentes questions, les naturalistes sont obligés de recourir à des hypothèses et de procéder par analogie et par déduction. Nous ne connaissons malheureusement pas les types ancestraux ou protochordés dont est sorti l'embranchement auquel nous appartenons; nous ignorons les différentes formes de transition qui les ont amenés aux Vertébrés proprement

aits. Nous en sommes réduits à étudier les termes les plus récents, les plus parfaits de l'évolution des chordés et les données qu'ils nous fournissent ne sont pas à elles seules suffisantes pour trouver la solution du problème que je viens d'énoncer.

L'embryologie nous est sans doute d'un grand secours pour élucider la philogénie de l'organe visuel des Vertébrés; cependant, les premières phases du développement se succèdent avec une telle rapidité qu'il est souvent fort difficile, en partant des faits embryogéniques observés, de déterminer la disposition primitive de l'organe dans les formes ancestrales de l'embranchement. Ceci nous explique le grand nombre d'hypothèses qui ont été émises pour résoudre le problème, simple en apparence, de l'origine de l'œil des Vertébrés. Je n'en analyserai que quelques-unes pour montrer par quelles voies différents auteurs ont cherché la solution de cette importante question. Mais auparavant, je rappellerai en quelques mots le mode de formation des principales parties de l'œil, afin de rendre plus clair l'exposé qui va suivre.

Chez les Vertébrés en général, l'œil a la forme d'un globe comprenant trois membranes et des milieux servant à réfracter la lumière. Ces membranes sont : une externe, la sclérotique, se continuant en avant avec la cornée transparente; une médiane, la choroïde, qui antérieurement se met en rapport avec l'iris; une interne, la rétine, qui représente la partie active de l'organe visuel et recueille les excitations lumineuses. Cette rétine a une structure fort complexe et comprend plusieurs couches dont une externe appliquée contre la choroïde est formée par une rangée d'éléments plus ou moins allongés, cônes et bâtonnets, qui sont directement excités par les ondes

lumineuses et transmettent cette excitation à la couche des fibres nerveuses représentant l'épanouissement du nerf optique. Celle-ci est située à la face interne de la rétine, elle est donc en avant des cônes et des bâtonnets. Cette disposition est inverse de celle que l'on rencontre d'ordinaire dans l'œil des Invertébrés chez lesquels les fibres du nerf optique s'étalent en arrière des bâtonnets rétinien et sont par conséquent externes par rapport à ces derniers. Parmi les milieux réfringents, le plus important est le cristallin, qui représente une lentille biconvexe dont la face antérieure est moins bombée que la postérieure et s'applique contre l'iris.

L'embryologie nous montre que les deux parties essentielles de l'œil, le cristallin et la rétine, ont un mode de développement différent; le cristallin prend naissance aux dépens d'une invagination de l'ectoderme ou de la peau, qui se transforme bientôt en un sac, la vésicule cristallinienne; la rétine par contre se forme aux dépens du cerveau. Ce dernier n'est que la portion céphalique du tube médullaire de l'embryon; il ne tarde pas à se différencier en trois vésicules cérébrales, une antérieure, une moyenne, une postérieure. La vésicule antérieure s'étale latéralement et donne naissance à deux expansions appelées vésicules oculaires primitives, qui sont le premier rudiment de l'œil pair des Vertébrés. Ces vésicules s'étendent sur les côtés de l'encéphale et se divisent en deux parties, dont l'une, externe, prend la forme d'un sac et se met en contact avec la portion de la peau aux dépens de laquelle s'invagine le cristallin, dont l'autre, interne, se rétrécit et devient un pédicule, qui est le point de départ du nerf optique. La partie externe sacciforme des vésicules oculaires primitives ne tarde pas à s'invagi-

ner, c'est-à-dire que sa paroi antérieure est refoulée contre sa paroi postérieure. Les vésicules primitives se sont ainsi transformées en coupes à doubles parois qui constituent les vésicules oculaires secondaires et dans l'ouverture desquelles est enchâssé le cristallin. Les deux parois des vésicules secondaires s'appliquent l'une contre l'autre et les cavités des vésicules oculaires primitives ont, à ce stade du développement embryologique, complètement disparu. La paroi antérieure, qui devient interne par invagination, formera la rétine de l'œil adulte, tandis que la paroi postérieure ou externe deviendra la couche pigmentaire de la choroïde. Pendant que ces transformations s'accomplissent, les pédicules des vésicules oculaires primitives s'oblitérent et donnent naissance aux nerfs optiques, dont les fibres traversent le globe de l'œil et viennent s'étaler à la face interne de la rétine. D'après ce qui précède, nous voyons que la membrane réceptrice des excitations lumineuses ou rétine est chez les Vertébrés d'origine cérébrale, encéphalique, tandis que le cristallin, qui joue dans l'œil adulte le rôle d'une lentille convergente, est d'origine ectodermique, c'est-à-dire se développe aux dépens de la peau. Ces différences dans l'évolution de parties d'un même organe sont importantes à noter. Et maintenant, reprenons l'exposé des principales hypothèses relatives à l'origine de l'organe visuel des Vertébrés.

Ray Lankester pense que l'œil primitif devait être comparable à celui des Tuniciers; selon lui, le Vertébré originel a dû être transparent et devait posséder dans l'encéphale une paire d'yeux semblable à l'œil du têtard d'Ascidie.

Pour Balfour, l'œil des Ascidiens n'est qu'une forme

dégénérée de celui des Vertébrés. Il explique la formation de la rétine aux dépens du cerveau en supposant que l'œil et la vésicule cérébrale antérieure se sont développés simultanément. Le développement de la vésicule optique primaire et sa transformation en une coupe optique sont dus, d'après cet auteur, à ce que la portion rétinienne de l'organe visuel s'est trouvée comprise dans l'invagination qui a donné naissance au canal du système nerveux central. Cette manière de voir permet d'expliquer la situation des bâtonnets et des cônes sur la face postérieure de la rétine, car cette face représente en réalité la surface externe primitive de l'épiderme qui s'est invaginée au moment de la formation de l'encéphale. Avec cette hypothèse, il est difficile d'expliquer comment l'œil a continué à remplir ses fonctions pendant les changements graduels de position que la rétine doit avoir subis en s'invaginant avec l'encéphale. De plus, cette hypothèse ne rend pas compte du mode de formation si particulier du cristallin des Vertébrés.

Dohrn a émis une théorie toute différente qui est originale et ingénieuse. L'on sait que pendant le développement embryonnaire, la région céphalique montre des cavités distribuées par paires, les cavités céphaliques, dont les parois donnent naissance à des muscles, principalement aux muscles de l'œil. Ces cavités sont considérées généralement comme les homologues des myotomes du tronc; pour Dohrn, elles représentent au contraire des formations identiques à la cavité générale du corps ou cœlome. Il en résulte que les muscles oculaires ne sont que des muscles d'arcs viscéraux ou muscles branchiaux qui se sont adaptés à des fonctions visuelles. Pour comprendre comment ce changement de fonctions s'est opéré, il

faut simplement supposer qu'à ce stade de l'évolution du type vertébré, l'œil, dépendant encore du tube médullaire, recevait les ondes lumineuses au travers d'une fente branchiale préorale, due à une invagination de la peau. A mesure que la région céphalique, se différenciant davantage, des organes accessoires se sont ajoutés à l'œil cérébral primitif, la fente branchiale s'est transformée en un cristallin, tandis que le muscle branchial correspondant est devenu un muscle oculaire. La partie vasculaire du même arc viscéral se retrouve dans la glande choroïdienne des poissons osseux dont l'apport sanguin est fourni par la veine pseudo-branchiale, et dans l'artère centrale de la rétine, qui représente l'artère efférente du cristallin branchial. Les idées émises par Dohrn reposent plutôt sur des considérations théoriques que sur des faits positifs. L'homologie de la partie dorsale et ventrale des cavités céphaliques avec la paroi ventrale du coelome n'est rien moins qu'établie et les conclusions que cet auteur en tire relativement à l'origine branchiale des muscles oculaires ne me paraissent pas justifiées. Qu'est devenu l'arc viscéral correspondant? il s'est complètement atrophié, dira-t-on, mais il est curieux qu'on ne puisse le retrouver, même à l'état rudimentaire durant l'évolution embryologique d'aucun Vertébré. Comment s'est effectuée la transformation de la fente branchiale en cristallin? et si c'est par elle que les rayons lumineux venaient impressionner l'œil cérébral, comment la vision s'est-elle produite pendant que cette fente branchiale, devenant un sac cristallinien, s'adaptait à ses nouvelles fonctions? Du reste, dans toute la série des Vertébrés, l'invagination ectodermique qui donne naissance au cristallin se présente toujours, dès l'abord, sous forme d'une vésicule

close, et rien ne permet de supposer que sa paroi interne ait jamais été perforée, comme c'est le cas pour toutes les fentes branchiales proprement dites.

Nuel a publié un travail très étendu sur « *le développement phylogénétique de l'organe visuel des Vertébrés.* » Il a étudié plus particulièrement l'évolution de l'œil chez les Lamproies ou Pétromyzontes et arrive à la conclusion que le nerf optique est l'homologue d'une ou de plusieurs racines postérieures de nerfs cérébro-spinaux et la rétine l'homologue d'un ou de plusieurs ganglions spinaux. Il trouve une ressemblance frappante entre le mode de formation de la rétine et du nerf optique et celui du ganglion de Gasser et du nerf trijumeau. Il rapproche l'œil, le nez et l'oreille des organes des sens branchiaux, mais ne pense pas que le cristallin, la vésicule auditive et les fosses nasales soient des fentes branchiales modifiées. Nuel n'explique pas pourquoi dans la rétine des Vertébrés la couche des fibres nerveuses est située en avant de celle des éléments récepteurs de la lumière, cônes et bâtonnets. De plus, l'homologie entre la rétine et un ganglion spinal n'est rien moins qu'établie, la membrane rétinienne prenant naissance aux dépens d'une vésicule cérébrale, tandis que les ganglions spinaux dérivent, non du tube médullaire lui-même, mais de la portion de l'épiderme qui contribuera à l'occlusion de ce dernier.

La découverte d'un organe formé par une évagination de la région dorsale de l'encéphale, et que l'on considère comme un troisième œil des Vertébrés, l'*œil pinéal*, a été le point de départ d'une nouvelle hypothèse tendant à élucider le problème qui nous occupe. Ainsi Baldwin Spencer admet que les yeux pairs résultent d'une évagination de la vésicule cérébrale antérieure semblable à celle

qui donne naissance à l'œil pinéal des Sauriens. Les divergences qui séparent ces deux types d'yeux sont dues à des différenciations secondaires qui interviennent dans le développement de l'organe visuel pair des Vertébrés et qu'on ne retrouve pas dans l'œil pinéal. Ces divergences ont trait surtout au mode de formation du cristallin et à la structure de la rétine. Elles sont si importantes qu'on ne peut considérer ces deux types d'organes visuels comme ayant une philogénie identique; ils ne sont pas assimilables l'un à l'autre.

Dans un mémoire sur « *l'Embryologie du lézard*, Orr émet l'idée que la paroi postérieure de la vésicule optique primitive a rempli autrefois des fonctions visuelles. A ce stade de son développement, l'œil pair était identique à l'œil pinéal des Sauriens et les fibres nerveuses entouraient complètement la vésicule optique. Lorsque le cristallin s'est formé, il a refoulé la paroi antérieure du globe oculaire primitif, laquelle s'est invaginée peu à peu dans la cavité de la vésicule optique et est venue s'appliquer contre la paroi postérieure de cette dernière. La paroi antérieure a dorénavant seule servi à la réception des ondes lumineuses, les fibres qui en occupaient la face externe ont conservé leur position première et se sont trouvés ainsi dans l'œil des Vertébrés interposés entre la couche à cônes et à bâtonnets et la lumière. La paroi postérieure de la vésicule optique primitive ne remplissant plus de fonctions visuelles, s'est alors atrophiée ainsi que les fibres qui la desservaient.

Aucune des hypothèses que je viens d'analyser ne résout d'une manière satisfaisante le problème énoncé plus haut: Quel a dû être l'œil primitif des Vertébrés? a-t-il toujours été encéphalique et, si oui, comment le rattacher



à l'œil tégumentaire des Invertébrés ? En d'autres termes, le développement des éléments récepteurs de la lumière aux dépens de la vésicule cérébrale antérieure constitue-t-il le caractère primordial de l'œil des Vertébrés, ou n'est-il qu'une adaptation, qu'une différenciation secondaire produite à mesure que le système nerveux a pris dans cet embranchement une importance toujours plus considérable ? C'est sur ce point que les efforts doivent porter ; en répondant à cette question, — que ce soit dans un sens négatif ou dans un sens affirmatif, — on sera bien près d'arriver à une solution satisfaisante de ce problème si controversé.

Il est avant tout nécessaire de remarquer que l'œil des Vertébrés constitue une exception et ne répond nullement à ce que nous savons de la formation générale des organes sensoriels dans la série animale. Tous ces organes dérivent de la peau et cette dérivation est pour ainsi dire obligatoire, la couche ectodermique limitant la surface du corps et servant d'intermédiaire entre l'individu et les agents extérieurs. Dans les divers embranchements du règne animal, les yeux, les vésicules auditives, les fossettes olfactives, les bourgeons gustatifs ont tous une origine ectodermique directe ; l'œil des Vertébrés a seul une origine cérébrale. Cette unanimité dans le mode de formation des organes sensoriels nous permet déjà d'induire que l'exception fournie par l'œil des Vertébrés est apparente et que les types ancestraux de cet embranchement ont dû eux aussi posséder un œil tégumentaire comparable à celui des Invertébrés.

Mais, objectera-t-on peut-être, les caractères principaux de l'organe visuel des Vertébrés : épanouissement des fibres du nerf optique au-devant des bâtonnets rétinien, pré-

sence d'un cristallin cellulaire, se retrouvent déjà, comme de récents travaux l'ont montré, chez certains Mollusques lamelibranches, les Peignes et les Onchidies. La transition n'est elle pas ainsi tout indiquée entre l'œil de l'Invertébré et celui du Vertébré, et ne devient-il pas inutile de recourir à l'hypothèse d'un œil tégumentaire primitif dans ce dernier embranchement? Prenons-y garde; ces analogies lointaines entre l'organe visuel de ces Lamelibranches et celui des Vertébrés n'ont pas l'importance qu'on est tenté de leur attribuer et ne jettent aucune lumière sur la philogénie de l'œil de ces derniers. L'histoire du développement des organes visuels dans ces deux groupes d'animaux est notablement différente, ceux des Peignes et des Onchidies ont une origine tégumentaire, ils se forment aux dépens de la peau, tandis que ceux des Vertébrés ont une origine neurale et appartiennent dans leurs parties les plus essentielles à l'encéphale. Ainsi l'œil de ces Lamelibranches, malgré ses analogies avec celui des Vertébrés rentre dans la loi d'évolution des organes sensoriels énoncée plus haut, car il est tégumentaire. L'œil encéphalique constitue donc bien une exception dans la série animale, exception d'autant plus remarquable que chez tous les Vertébrés, les autres organes des sens tels que l'oreille et les fosses olfactives, sont de provenance ectodermique. Ils se développent aux dépens d'une invagination de la peau et obéissent à la loi générale d'évolution précitée. D'après cette loi, qui ne paraît souffrir aucune exception dans la série animale, les ancêtres des Vertébrés ont dû posséder un œil primitif tégumentaire.

Pour le déterminer, cherchons s'il existe dans l'œil cérébral actuel un organe dont le développement embryogénique concorde avec celui des autres organes sensoriels

céphaliques, oreilles, fosses nasales, et, par conséquent, soit soumis à la loi d'évolution qui leur donne à tous une origine tégumentaire ou ectodermique. L'organe cherché n'est autre que le cristallin. Il n'a pas toujours tenu lieu de lentille servant à réfracter la lumière et a dû servir primitivement de vésicule optique. C'est une vérité devenue banale que de voir dans le cristallin de l'œil cérébral une simple invagination de l'ectoderme. Cette invagination, du moins chez les Reptiles et les Oiseaux, communique d'abord largement avec l'extérieur, puis se transforme peu à peu en une vésicule qui se détache de l'ectoderme et vient s'appliquer contre la paroi antérieure de l'œil cérébral embryonnaire (voir fig. 1). Le processus par lequel se forme le cristallin est identique au processus par lequel la vésicule auditive prend naissance, et cette identité est une forte présomption en faveur du rôle sensoriel que cet organe a dû jouer dans les ancêtres des Vertébrés actuels. Pour nous en convaincre, étudions de plus près les caractères principaux du cristallin. 1° Il est cellulaire et constitué par une invagination de cellules ectodermiques. 2° A un certain stade de son évolution, il se présente toujours sous forme d'une vésicule comparable à la vésicule optique de certains Mollusques et Annélides. 3° Le mode de développement des fibres du cristallin est spécial aux Vertébrés et ne s'explique qu'en admettant un rôle sensoriel primitif joué par cet organe.

Ces trois caractères ne permettent pas d'homologuer le cristallin des Vertébrés à celui des Invertébrés. D'une manière générale, chez ces derniers, la lentille — lorsqu'elle existe — ne montre pas de structure histologique ni dans l'embryon, ni dans l'adulte et doit être considérée comme une formation cuticulaire. Il en est ainsi

parmi les vers chez les Alciopes, parmi les Mollusques chez les Céphalopodes, dont les organes visuels sont cependant très complexes et dont le cristallin est relativement volumineux. Il est vrai que certains Lamellibranches, les Peignes et les Onchidies font exception et ont aussi un cristallin cellulaire, mais il ne peut être homologué à celui des Vertébrés, car il ne résulte pas d'une invagination du tégument et se constitue aux dépens d'un amas de cellules conjonctives et non aux dépens de cellules ectodermiques comme c'est le cas dans ce dernier embranchement.

La forme de vésicule que le cristallin revêt dans la série des Vertébrés pendant son développement embryologique est un caractère d'une plus grande importance. Les Amphibiens paraissent faire exception à cette loi et, si nous en croyons Götte, dans son beau mémoire sur l'*Entwickelungsgeschichte der Unke*, la lentille se formerait, non par invagination, mais par épaissement de la couche nerveuse de l'ectoderme. Ce fait a été mis en doute par Balfour, et avec raison, car, comme j'ai pu m'en assurer sur des coupes de jeunes embryons de Salamandre tachetée, chez les Amphibiens aussi bien que dans les autres classes de Vertébrés, le cristallin résulte d'une invagination et non d'un simple épaissement de l'ectoderme. Une vésicule cristallinienne ne se rencontre du reste que dans cet embranchement. D'après l'histoire de son développement, elle répond, non à la lentille, mais à l'organe visuel entier de bon nombre d'Invertébrés. Chez les Gastéropodes, par exemple, l'œil a la forme d'un sac contenant une lentille cuticulaire. Sa paroi interne constitue la rétine, sa paroi externe la cornée. Il résulte d'une invagination ectodermique et nous montre, à l'exception de

la lentille cuticulaire, les mêmes caractères morphologiques que la vésicule optique représentée par le cristallin embryonnaire des Vertébrés. Chez les Céphalopodes dibranchiaux, l'œil apparaît d'abord comme une simple invagination de l'ectoderme et les premières phases de son développement sont identiques à celles que traverse le cristallin des Vertébrés. L'embranchement des Vers nous fournit des points de comparaison encore plus favorables. Chez certaines Annélides, l'œil prend l'aspect d'une vésicule optique dépourvue de cristallin proprement dit (voir fig. 2). Elle est elliptique, sa paroi externe non pigmentaire réfracte les rayons lumineux et joue le rôle d'une lentille, sa paroi interne pigmentée constitue la rétine. L'analogie entre cette vésicule optique et la vésicule cristallinienne des Vertébrés est frappante. Il est intéressant de rencontrer dans l'embranchement auquel se rattachent le plus étroitement les Chordés un œil tégumentaire comparable à l'œil primitif qui persiste encore dans les Vertébrés actuels sous forme de cristallin.

L'état vésiculeux de la lentille se retrouvant des Poissons aux Mammifères correspond sans aucun doute à un caractère très primordial. Il ne peut s'expliquer avec l'hypothèse que l'œil cérébral représente réellement la forme primitive de l'œil des Vertébrés. D'après la théorie courante, cette lentille aurait pris naissance lors de la fermeture du tube médullaire, car les rayons lumineux, ne pouvant plus exciter directement l'œil encéphalique, durent agir par l'intermédiaire du tégument. Les difficultés que soulève le passage d'un organe visuel cérébral sans lentille et directement impressionné par la lumière en un organe visuel dont l'excitation exige la présence de milieux réfringents dérivés de la peau, sont presque insur-

montables. Mais supposons le problème résolu : la partie de la couche tégumentaire qui est entrée en relation avec l'appareil visuel et a constitué le cristallin aurait dû, au point de vue mécanique, s'épaissir et non s'invaginer. La formation d'une lentille aux dépens d'une invagination de l'ectoderme n'eût été d'aucune utilité; au point de vue fonctionnel, elle eût été nuisible à la transmission des rayons lumineux, car elle ne se produit pas après que les cellules ectodermiques se sont transformées en fibres cristalliniennes, mais précède les différentes phases par lesquelles cette lentille doit passer pour devenir un milieu réfringent. Ces considérations me conduisent au troisième caractère dont j'ai parlé; le mode de formation des fibres cristalliniennes, caractère qui confirme encore l'hypothèse que je soutiens. Si le cristallin n'a rempli dans l'organisme que les fonctions d'un corps réfringent ayant pris naissance lors de la fermeture du tube médullaire, ce sont les cellules externes, les cellules superficielles de cet organe qui auraient dû se transformer en fibres puisqu'elles étaient les plus directement en rapport avec l'excitant lumineux. Or, les observations embryologiques démontrent que les fibres cristalliniennes se forment, non aux dépens de la paroi externe de la vésicule optique représentant le cristallin, mais aux dépens de la paroi interne (v. fig. 3, *p-i-c*). Ce processus, au premier abord inexplicable, se comprend fort bien si l'on admet que le cristallin représente l'œil primitif tégumentaire des Vertébrés. La paroi externe ou distale de cette vésicule optique ancestrale servait de milieu réfringent, la paroi interne ou proximale de rétine. Cette rétine était constituée par des cellules dont le protoplasme s'était allongé en bâtonnets et reposait sur les centres nerveux, disposition que l'on

retrouve chez les Annélides en particulier et dans les phases embryonnaires du cristallin des Vertébrés. A mesure que le tube médullaire se différenciait et se renflait à son extrémité céphalique la portion de la lame cérébrale sur laquelle s'appuyait l'œil tégumentaire primitif se substituait à la rétine de ce dernier et devint l'origine de l'œil encéphalique actuel, dont les caractères optiques résultent d'une adaptation secondaire. Ainsi, tandis que la paroi externe de la vésicule oculaire cristallinienne laissait toujours pénétrer les rayons lumineux et continuait à jouer le rôle de lentille rudimentaire, la paroi interne perdait ses fonctions visuelles proprement dites et ses éléments furent les premiers à se modifier. De sorte que les fibres du cristallin de l'adulte représentent en réalité les bâtonnets rétinien transformés de l'œil ancestral des Vertébrés.

Cette vésicule optique tégumentaire montre de grandes analogies avec l'œil pinéal des Sauriens, non au point de vue morphologique, mais au point de vue fonctionnel. Ces deux types d'organes visuels ont chacun la forme d'un sac dont la paroi distale sert de lentille, la paroi proximale de rétine. Ils se distinguent surtout l'un de l'autre par la pigmentation. La paroi proximale de la vésicule cristallinienne ayant perdu de bonne heure ses fonctions de membrane réceptrice des impressions lumineuses, et étant devenue un corps réfringent, sa pigmentation primitive a complètement disparu. Cette disparition du pigment est parfaitement explicable par le changement de fonction que subissait la lentille, elle ne constitue pas une objection sérieuse contre le rôle visuel qu'aurait joué primitivement cet organe.

Les faits étudiés jusqu'ici militent tous en faveur de

l'hypothèse que le cristallin représente l'œil tégumentaire ancestral des Vertébrés et permettent de comprendre sans difficulté les caractères embryologiques que montre cet organe. Nous avons vu que les premières phases du développement de la lentille sont identiques à celles des autres organes sensoriels céphaliques, oreille et fosses nasales; que la vésicule cristallinienne a un mode de formation identique à celui de l'œil des Gastéropodes, des Céphalopodes; qu'elle est l'homologue de la vésicule optique de certaines Annélides; que les fibres de la lentille adulte se développent aux dépens des éléments de la paroi rétinienne ou interne du cristallin vésiculeux, laquelle a perdu en premier lieu ses fonctions, et non aux dépens de la paroi externe comme l'exigerait la théorie courante. Il nous resterait maintenant pour terminer à indiquer comment la rétine cérébrale de l'œil actuel a pu prendre naissance (voir fig. 4, 5, 6, 7).

Le cristallin, ou œil tégumentaire, reposait sur un épaississement de la région céphalique du système nerveux comme cela se voit encore dans les embryons des Vertébrés et chez les jeunes Alciopes, par exemple. Des fibres nerveuses partant de la face externe de cet épaississement se mettaient en relation avec les extrémités proximales des bâtonnets de l'œil cristallinien et constituaient le nerf optique primitif. A mesure que la tête se différenciait davantage du tronc et que les vésicules cérébrales, prenant plus d'importance, augmentaient de volume, l'épaississement encéphalique correspondant à l'œil tégumentaire s'allongea sous l'influence de la pression exercée et prit la forme d'un sac dépendant de la vésicule cérébrale antérieure. L'extrémité distale de ce sac, qui n'est autre que la vésicule optique primitive, ne pouvant s'accroître



dans la direction de l'œil cristallinien, contre lequel elle s'appuyait déjà, se développa latéralement et entoura en partie ce dernier. Tous ces changements de position et l'étalement de l'évagination cérébrale, qui a donné naissance à la vésicule optique primitive, se sont opérés, mais d'une manière asymétrique autour du nerf optique comme axe et les fibres de ce dernier participant au développement de l'évagination cérébrale et maintenant leur position première, se sont étalées à la face distale de celle-ci. L'épaississement nerveux primitif répondant à l'œil tégumentaire s'est ainsi peu à peu transformé en une coupe à doubles parois traversée en un point par le nerf optique et dont les cellules de la paroi distale, au-devant de laquelle s'irradient les fibres de ce nerf, se sont transformées en nouveaux éléments récepteurs des excitations lumineuses. La paroi proximale de cette coupe optique s'est chargée de dépôts pigmentaires et est devenue la couche épithéliale de la choroïde. Plus tard, les éléments mésodermiques qui entourent la rétine secondaire ou cérébrale et le cristallin entrèrent en relation étroite avec l'organe visuel et alors l'œil atteignit son complet développement et forma cet organe complexe qui est devenu un des caractères distinctifs des Vertébrés.

En résumé, les deux organes aux dépens desquels s'est formé l'œil cérébral actuel sont, comme le montre son embryogénie, 1° la vésicule cristallinienne produite par une invagination de l'ectoderme et représentant l'œil tégumentaire des Vertébrés ancestraux ; 2° l'évagination encéphalique correspondant à cet œil primitif et qui s'est transformée en une rétine secondaire se substituant à celle du cristallin. Ce dernier, après avoir perdu ses fonctions premières, est devenu le corps réfringent du nouvel

organe visuel des Vertébrés. Ces deux organes oculaires, la vésicule cristallinienne et l'évagination encéphalique correspondante, apparaissent de très bonne heure durant l'évolution ontogénique; leurs dispositions constituent des caractères d'une grande ancienneté et partant d'une grande valeur, car elles sont constantes dans toutes les classes de cet embranchement. En les complétant avec des données fournies par l'organe visuel des Invertébrés, elles permettent de reconstruire, comme j'ai tenté de le faire, la philogénie de l'œil des Vertébrés.

Je ne sais quel sort sera réservé à l'hypothèse que je viens d'exposer. Elle me paraît rendre compte d'une manière satisfaisante des faits observés, et elle a surtout l'avantage de rattacher l'un à l'autre les deux types d'organes visuels existant dans la série animale, l'œil tégumentaire et l'œil encéphalique. Le passage de la vésicule optique cristallinienne à l'œil encéphalique des Vertébrés actuels n'exige pas des changements morphologiques considérables. Il a pu s'effectuer sans apporter aucun trouble dans le fonctionnement de l'appareil visuel primitif, la portion cérébrale qui correspond à l'œil tégumentaire s'étant simplement substituée à la rétine du cristallin et étant devenue, durant l'évolution du type vertébré, par adaptation secondaire, la nouvelle rétine de l'œil encéphalique actuel.

---

#### EXPLICATION DES FIGURES

ec      = ectoderme.  
l       = lentille.

- r* = rétine.  
*c* = cristallin ou œil tégumentaire.  
*c. o.* = coupe optique secondaire.  
*n. o.* = nerf optique.  
*c. l.* = cristallin ou œil tégumentaire devenu lentille.  
*v. c.* = vésicule cérébrale.  
*sh* = corps vitré.  
*p. e. c.* = paroi externe du cristallin.  
*p. i. c.* = paroi interne du cristallin.  
*e. o.* = évagination optique correspondant à l'œil tégumentaire.

Fig. 1. — Cristallin à l'état de vésicule optique reposant sur la coupe optique secondaire en voie de formation. Embryon de lézard, environ 2<sup>mm</sup> de longueur.

Fig. 2. — Vésicule optique d'une Annélide (Serpulides).

Fig. 3. — Dessin schématisé d'un embryon de poulet représentant le développement des fibres cristalliniennes aux dépens de la paroi postérieure de cet organe.

Fig. 4, 5, 6 et 7. — Dessins schématiques représentant le passage de l'œil tégumentaire primitif des Vertébrés à l'œil encéphalique actuel.

## SOIXANTE-TREIZIÈME SESSION

DE LA

## SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

### DAVOS

Les 18, 19 et 20 août 1890.

---

C'est pour la cinquième fois que la Société helvétique des Sciences naturelles s'est réunie cette année dans le canton des Grisons. Les quatre sessions précédentes avaient eu lieu à Coire en 1826, 1844, et 1874, à Samaden en 1863; aujourd'hui, les organisateurs du Congrès ont choisi la vallée de Davos, si réputée depuis quelques années comme station climatérique, et qui se trouve maintenant rapprochée du reste de la Suisse par le pittoresque chemin de fer Landquart-Davos. Si l'aspect général de la vallée de Davos, avec ses pentes rocailleuses et ses sombres sapins, et surtout avec ses nombreuses colonies de malades, est plutôt triste, ce n'en est pas moins un grand intérêt d'étudier de près cette nouvelle conquête de l'esprit de recherches de notre époque. Cet intérêt est encore redoublé lorsqu'on

voit là à l'œuvre, dans la personne du Dr Spengler, l'initiateur de cette nouvelle méthode d'enrayer les ravages de la phtysie. -

Après la séance administrative préparatoire du 17 août, 140 participants environ se sont trouvés réunis le 18 août au matin pour l'assemblée générale. Elle a été ouverte par un discours des plus intéressants et des plus nourris de M. le pasteur Hauri, de Davos-Dörfli, qui, pendant plus d'une heure, a tenu ses auditeurs sous le charme de sa parole vivante et colorée, dépeignant la contrée, son histoire et ses caractères généraux.

La journée du 19 a été consacrée aux séances de sections, réparties dans les différents hôtels de Davos, et le 20 au matin une deuxième assemblée générale a permis d'épuiser l'ordre du jour des communications scientifiques et des formalités administratives.

Le programme de la réunion a été complété par les banquets, soit généraux, soit par section, et par une fête alpestre organisée avec un goût charmant dans une prairie ombragée de sapins. — Les membres du Comité annuel, et en particulier son président, M. Hauri, ont droit à toute notre reconnaissance. — Après la clôture de la session, la Société géologique a fait son excursion habituelle; la Société botanique, fondée à Lugano en 1889, et définitivement organisée cette année, a fait également pour la première fois une excursion dont le détail sera donné plus bas.

Nous allons maintenant, comme de coutume, rendre compte des communications scientifiques présentées soit aux assemblées générales, soit dans les différentes sections.

**Physique et Chimie.**

**Président d'honneur :** M. le Cons<sup>l</sup>er int. DE STRUVE, St-Pétersbourg.

**Président :** M. le prof. ED. HAGENBACH-BISCHOFF, de Bâle.

**Secrétaire :** M. le D<sup>r</sup> L. ZEHNDER, de Bâle.

C. Dufour. Conséquences qui résultent pour la succession des ondes du déplacement d'un corps sonore ou d'un corps lumineux. — Schumacher-Kopp. Cas intéressants de chimie légale. — E. Sarasin et L. de la Rive. Ondes stationnaires électriques dans l'air. — P. Dubois. Action physiologique des bobines d'induction. — H. Dufour. Hygromètre à condensation. — H. Dufour. Cause de l'arrêt d'un bloc de cuivre tournant entre les deux pôles d'un électro-aimant. — F. Im Hof. Station météorologique de Davos. — A. Riggenbach. Photographies de nuages. — G. Kahlbaum. Mesure de la tension des vapeurs par les méthodes statique et dynamique.

M. le prof. Charles DUFOUR, de Morges, fait une communication sur les *conséquences qui résultent pour la succession des ondes du déplacement d'un corps sonore ou d'un corps lumineux*<sup>1</sup>.

M. le D<sup>r</sup> SCHUMACHER-KOPP, chimiste cantonal de Lucerne, expose quelques *faits curieux de chimie légale*, tirés de sa pratique, et qu'il est inutile de publier ici<sup>2</sup>.

M. Édouard SARASIN, de Genève, rend compte des recherches que M. Lucien DE LA RIVE et lui poursuivent sur les *ondes stationnaires électriques dans l'air*, obtenues par

<sup>1</sup> Voir *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1890, t. XXIV, p. 242.

<sup>2</sup> Nous n'avons reçu aucune communication de l'auteur, qui préfère sans doute garder le secret sur ces faits délicats. (Réd.)

réflexion contre une grande paroi métallique plane <sup>1</sup>. Conformément aux résultats constatés par les mêmes auteurs dans le cas où l'onde électrique se propage le long de fils conducteurs, ces dernières expériences ont montré que, quel que soit l'excitateur primaire employé, chaque résonateur circulaire n'est susceptible de donner qu'une seule longueur d'onde qui lui est propre, que cette longueur d'onde est la même à très peu de chose près dans le cas de l'air que dans le cas des fils, et que, par conséquent, *la vitesse de propagation de l'onde électrique à travers l'air est sensiblement la même que le long des fils conducteurs.*

M. le Dr DUBOIS, de Berne, relate les expériences qu'il a faites *sur l'action physiologique des bobines d'induction à fil fin et à gros fil.* Elles confirment pleinement les faits déjà signalés par Duchenne de Boulogne en 1856. Le fait capital est le suivant : Quand on applique les courants d'induction à l'aide d'électrodes humides pour exciter les nerfs moteurs ou les muscles, on remarque que les bobines à gros fil (extracourant de la première hélice ou hélice secondaire à gros fil) produisent des contractions beaucoup plus fortes que les bobines à fil fin.

Le fait est patent, facile à constater, mais les explications qu'on en a données pèchent par la base. Les auteurs allemands n'ont jamais attaché grande importance à cette prédominance des hélices à gros fil, mais ne pouvant nier les faits établis par Duchenne ils ont admis que cette différence n'existe que dans certains appareils

<sup>1</sup> Voir sur ce sujet *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1890, t. XXIII, p. 557.

construits sur le modèle de Duchenne. Ils supposent que dans ces appareils la bobine secondaire a un si grand nombre de tours de fil très fin que la résistance propre (intrinsèque) de la bobine est trop forte. La résistance extérieure (celle du corps) devient pour ainsi dire négligeable et l'intensité ne dépend plus que de la résistance intérieure. La bobine à gros fil par contre ayant moins de résistance propre agirait mieux quand par l'application d'électrodes humides on réduit la résistance extérieure.

Cette explication ne supporte pas l'examen. Jamais en électrothérapie les bobines n'ont une résistance assez grande pour que la résistance du corps devienne négligeable.

Les auteurs français connaissent pratiquement la différence d'action des bobines à fil fin et à gros fil, mais l'explication qu'ils donnent de ce fait est également erronée. Ils attribuent aux bobines à gros fil *plus de quantité* oubliant que la quantité dépend, toutes choses égales d'ailleurs, *de la résistance totale du circuit*.

Le calcul et l'expérience démontrent que jamais en électrothérapie la bobine à gros fil ne peut avoir plus de quantité. En mesurant au galvanomètre balistique le courant exciteur on constate facilement le curieux paradoxe de Duchenne, et le Dr Dubois cite à cet égard l'expérience suivante, faite avec 2 bobines secondaires induites par le même courant inducteur :

Une bobine secondaire à fil fin (0,2 mm.) de 10050 tours, donnant au galvanomètre une déviation de 70 (représentant 14 microcoulombs) produit une *faible contraction*.

Une bobine secondaire de fil gros (0,7 mm.) de 2218



tours, d'une quantité de 0,8 microcoulomb (4 divisions) donne une *secousse insupportable*.

Ce paradoxe n'est explicable que par les *phénomènes de self-induction* dont les solénoïdes sont nécessairement le siège. — Le Dr Dubois démontre ces courants de self-induction par une expérience très simple.

Dans le circuit d'un appareil d'induction disposé pour l'excitation d'un nerf moteur on intercale un solénoïde qu'on peut remplacer à volonté par un rhéostat à enroulement bifilaire de même résistance. Lorsqu'un solénoïde d'environ 1000 ohms est intercalé, la secousse est *très faible*. Elle devient *très forte* si l'on remplace ce solénoïde par un rhéostat bifilaire de 1000 ohms. Pour parvenir à obtenir la même secousse minimale il faut arriver à une résistance rhéostatique d'environ 15.000 ohms. Un solénoïde représente donc dans le circuit une résistance environ 15 fois plus considérable que sa résistance vraie mesurée en ohms. Les bobines à gros fil agissent mieux, non parce qu'elles ont plus de quantité, mais parce que, à *quantité moindre*, elles ont plus d'*intensité maximale*, le courant de self-induction étant moins intense que dans les bobines à fil fin.

La démonstration de ces faits exige d'assez longs développements. Un travail sur le sujet paraîtra prochainement dans les *Archives*.

M. Henri DUFOUR montre les deux dernières formes de l'*hygromètre à condensation à plaque épaisse* présenté précédemment à la Société<sup>1</sup> et construit par la *Société Genevoise pour la construction d'instruments de physique*.

<sup>1</sup> *Archives des Sc. phys. et naturelles*, 1889, t. XXI. p. 108.

M. H. DUFOUR attire ensuite l'attention sur la manière dont on explique l'une des expériences bien connues destinées à montrer le développement de courants induits dans des masses métalliques tournant dans un champ magnétique. La réaction de ces courants sur le champ s'oppose à la continuation du mouvement, et c'est pour cela qu'on dit souvent qu'un bloc de cuivre suspendu à un fil tordu dans le champ d'un électroaimant et tournant rapidement *s'arrête* aussitôt que l'électro devient actif, et que cet arrêt est produit par la réaction des courants induits sur le champ. Il est évident que ces courants ne peuvent arrêter le bloc, puisqu'ils cessent avec le mouvement de rotation lui-même, ils ne peuvent que ralentir le mouvement. Cependant on constate expérimentalement qu'un bloc de cuivre *s'arrête* réellement dans le champ magnétique, tandis que cet arrêt n'a pas lieu en employant un cylindre suspendu par un axe vertical traversant les bases du cylindre. Ce fait provient des propriétés diamagnétiques du cuivre, l'orientation d'une masse de cuivre dans un champ magnétique dépend de la manière dont le métal a été travaillé, le bloc de cuivre qu'on emploie dans l'expérience ordinaire est coupé dans une barre et les pôles diamagnétiques sont ordinairement sur un axe horizontal, dans ce cas lorsque le mouvement de rotation est assez ralenti par l'action des courants induits, l'action diamagnétique peut être assez forte pour orienter le cube et le maintenir immobile.

*L'arrêt d'un bloc de cuivre tournant dans un champ magnétique* n'est donc pas la conséquence de l'action seule des courants induits.

M. F. IM HOF donne quelques renseignements sur la

*station météorologique de Davos*, dont il est directeur. Les observations faites dans cette station sont publiées chaque mois et chaque année sous forme de tableaux de chiffres et de tracés graphiques très détaillés. M. Im Hof montre plus particulièrement les représentations graphiques des différents phénomènes météorologiques telles qu'ils ont été obtenus pour les dernières années, et qui donnent une image très nette des conditions climatiques si favorables de Davos.

M. Im Hof décrit ensuite la construction très ingénieuse imaginée par M. Leupolt, à Pontresina, d'une girouette graduée, dont les lectures doivent se faire à grande distance à l'aide d'une lunette.

Celle dont il s'agit est installée sur le sommet d'une des montagnes qui bordent la vallée de Davos et s'observe depuis la station même. Une disposition très habilement combinée permet d'apprécier ainsi à grande distance, avec une exactitude très satisfaisante, non seulement la direction, mais aussi la force du vent dans cette région élevée de l'atmosphère.

La section est ensuite très gracieusement conviée par M. Im Hof à venir visiter les installations de la station qu'il dirige et sur laquelle il fournit encore sur place des renseignements fort intéressants.

M. le Prof. A. RIGGENBACH-BURCKHARDT, de Bâle, fait une communication *sur la photographie des nuages*.

L'étude des nuages est devenue d'une importance toujours croissante depuis qu'on a reconnu qu'il existe un rapport intime de la forme et de la position des nuages avec la distribution de la pression atmosphérique, de sorte qu'il arrive souvent qu'on peut indiquer d'après l'aspect

du ciel seul la position et jusqu'à un certain degré la distance d'un centre de dépression. En outre ce n'est principalement que par les nuages que se fait l'étude des courants supérieurs de l'atmosphère. Enfin les mouvements relatifs des diverses parties d'un même nuage dévoilent ce qui se passe dans les couches élevées.

Or pour utiliser les nuages pour la science météorologique, il faut d'abord une entente parfaite entre les divers observateurs sur les différentes formes de nuages et leur désignation, entente qui ne peut se faire que par une communication verbale ou par des dessins fidèles. Mais la configuration d'un nuage étant extrêmement passagère, on n'arrive presque jamais à des dessins absolument libres de la fantaisie de l'artiste, de sorte que les images magnifiques de M. Weilbach ainsi que celles du « Wolkenatlas » de MM. Hildebrandsson, Koppen et Neumayer ne marquent qu'un premier pas pour la fixation des formes de nuages. C'est à la photographie qu'il faut s'adresser, et c'est par cette voie que divers auteurs sont arrivés depuis longtemps à des résultats précieux, je ne cite que M. Hildebrandsson et M. Abercromby.

On n'obtient cependant de bons résultats que dans des cas spécialement favorables, par exemple si les nuages, vivement éclairés par le soleil ou la lune, se détachent d'un fond beaucoup moins lumineux ; dans les cas ordinaires le bleu du ciel agit presque aussi fortement sur la plaque sensible que le nuage lui-même, voilà pourquoi on ne réussit guère à photographier des cirrus bien visibles à l'œil.

Trois méthodes se prêtent à éviter cet inconvénient.

Premièrement, en plaçant la camera à un endroit élevé, une montagne, on supprime l'action d'une partie considérable et la plus réfléchissante de l'air, alors on aperçoit le nuage contrastant vivement avec le ciel foncé, si familier aux alpinistes. La seconde méthode consiste dans l'interposition d'un milieu absorbant les radiations bleues, comme la gommegutte, utilisée par les savants suédois, ou simplement le verre jaune ordinaire des photographes. La troisième méthode profite de la polarisation de la lumière du ciel : on substitue au nuage son image dans un miroir analyseur placé d'une manière convenable pour éteindre l'éclat du ciel le plus possible. (Voir pour les détails de cette méthode Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society Vol. XV. p. 16. Jan. 1889).

Grâce à l'obligeance de M. Billwiller, directeur de l'Institut fédéral météorologique, l'auteur a pu faire un petit séjour à l'Observatoire du Sentis; les photographies qu'il y a obtenues, la plupart à l'aide du verre jaune, ont été présentées à la section de physique; elles montrent un contraste entre le ciel et le nuage qui ne s'éloigne pas beaucoup de l'impression à l'œil, et qui pourrait facilement être augmenté par les procédés chimiques de renforcement des plaques photographiques.

M. Georges KAHLBAUM, privat docent à l'Université de Bâle, présente un travail sur la *mesure de la tension des vapeurs par les méthodes statique et dynamique*<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Archives des sc. phys. et nat., 1890, t. XXIV, p. 351.

### Géologie.

*Président* : M. le prof. LANG, de Soleure.

*Secrétaires* : M. H. SKILER, de Merishausen.

M. Ch. SARASIN, de Genève.

Bruckner. Climat de l'époque glaciaire. — Penck. Double pli glaronais. — Roland Bonaparte. Écoulement récent du lac de Marjelen. — F.-A. Forel. Carte hydrographique du lac Léman. — A. Delebecque. Sondages du lac d'Annecy. — Græff. Porphyres du massif du Mont-Blanc. — A. Baltzer, Schmidt, E. Renevier. Observations sur cette communication. — Baltzer. Carte géologique des environs de Berne. — Baltzer. Limites des anciens glaciers du Rhône et de l'Aar. — Mayer-Eymar. Faune du Londonien d'Appenzell.

A la deuxième assemblée générale, M. le prof. BRUCKNER, de Berne, fait une communication sur *le climat de l'époque glaciaire*<sup>1</sup>.

Le problème du climat de l'époque glaciaire est fort ancien et a donné lieu à de nombreuses interprétations. Ce n'est que tout dernièrement et grâce à l'étude suivie des dépôts diluviens, que les faits ont pu être établis sur une base assez sûre pour trouver la véritable solution.

Un des trait principaux qui caractérisent l'apparition des glaciers de l'époque diluvienne c'est la généralité de ce

<sup>1</sup> Cette communication, qui a été faite, en dehors des sections, dans l'assemblée générale du 20 août, se rattacherait plutôt par son sujet à la météorologie et à la physique; nous avons cru néanmoins devoir la placer en tête des travaux présentés dans la section de géologie, car c'est dans cette science que les vues de l'auteur trouvent plus particulièrement leur application. (*Réd.*)

phénomène. Toute la terre y a été soumise, les tropiques eux-mêmes n'y font point exception; seulement, les dimensions des glaciers différaient alors suivant les bassins qu'ils occupaient, de même qu'aujourd'hui les glaciers varient en étendue d'une chaîne de montagne à une autre.

Des glaciers considérables recouvraient le nord de l'Europe, le nord de l'Amérique et la Patagonie. D'autres, moins étendus, se trouvaient dans les Alpes, les Pyrénées, les montagnes de l'Asie, la Nouvelle-Zélande, les Andes, les Montagnes-Rocheuses, etc. De tout petits, enfin, étaient dispersés dans la Forêt-Noire, les Vosges, les Carpathes, la Sierra-Nevada, Santa-Martha (Venezuela), etc.

La généralité du phénomène devient encore plus évidente si l'on examine les traces laissées par les lacs sans écoulement de l'époque diluvienne. La grandeur de ces lacs, comme celle des glaciers, varie en fonction des éléments climatologiques, c'est-à-dire des chutes de pluie et de l'évaporation. Ces lacs — citons ceux du grand bassin de l'Amérique du nord, du Sahara, du Thibet, du Turkestan, la mer Caspienne, le lac Aral, la mer Morte, etc., — occupaient à l'époque diluvienne un espace considérable.

Cette extension générale de l'époque glaciaire sur tout le globe indique la simultanéité du phénomène et paraît contraire à l'idée, souvent émise, d'une alternance des formations glaciaires entre les deux hémisphères. Elle prouve aussi que la limite des neiges éternelles était plus basse que de nos jours.

M. Penck estime cette différence d'altitude, par rapport à aujourd'hui, à mille mètres en moyenne pour toute la terre.

L'étude des dépôts diluviens fait ressortir un second fait de grande importance : il n'y a pas eu une période glaciaire unique, mais deux, peut-être même trois, alternant avec des périodes de retrait des glaciers. Ce mouvement retrograde peut être évalué exactement, il est certain du moins qu'il a été très accentué.

Il importe de remarquer qu'on observe le même phénomène d'alternance dans les lacs diluviens de l'Amérique du nord : deux périodes de niveau élevé, séparées par une période d'abaissement. De ce qui précède, il résulte que toute la terre a subi deux périodes glaciaires, caractérisées par l'abaissement de la limite des neiges et l'extension des glaciers et des lacs sans écoulement, séparées par une période présentant des caractères opposés. Les dépôts diluviens témoignent de grandes oscillations dans les phénomènes hydrographiques du globe, qui ne peuvent avoir leurs causes que dans des oscillations correspondantes du climat.

Il faut étudier ces oscillations climatologiques dans les glaciers et les lacs sans écoulement d'aujourd'hui. Ceux-ci présentent des périodes alternantes d'extension et de retrait produites par les oscillations du climat.

A l'aide de nombreuses observations météorologiques et hydrographiques, j'ai pu ramener ces observations climatologiques à des périodes de 35 ans pour tout le globe. Elles se composent de variations dans la température, la pression atmosphérique et les chutes de pluie se produisant simultanément sur toute la terre. Celle-ci subit tour à tour des périodes chaudes et froides différant environ de un degré. Ces variations de température influent d'une façon évidente sur la répartition des pressions atmosphériques.



Pendant les périodes chaudes (les dernières en 1830 et 1860) le passage de l'air océanique sur le continent a été entravé, tandis qu'il a été favorisé pendant les périodes froides. Cela influe naturellement sur la chute des pluies : pendant la période froide, il y a augmentation des pluies sur le continent et diminution sur mer, tandis que le contraire a lieu pendant la période chaude.

La différence entre le maximum et le minimum des quantités de pluie tombées sur le continent, en ne tenant pas compte des côtes, s'élève à  $24/100$  pour une moyenne de nombreuses années. Ainsi, tandis que la température est alternativement plus basse ou plus élevée sur tout le globe, les chutes de pluie sont plus fortes sur le continent que sur la mer, ou inversement, suivant que la température est plus basse ou plus élevée.

En outre, les variations périodiques, dans les chutes de pluie sur le continent, sont d'autant plus marquées qu'on s'éloigne de la mer.

Dans les deux derniers siècles, les années 1700, 1740, 1780, 1815, 1850 et 1880 apparaissent comme centres de périodes froides, humides sur le continent; les années 1720, 1760, 1795, 1830, 1860, comme centres de périodes chaudes, sèches sur le continent <sup>1</sup>.

Ces oscillations du climat influent évidemment sur l'état des glaciers et des lacs, et leur impriment des oscillations d'une durée de 35 ans environ. Il est à remarquer que le caractère des grandes oscillations de l'époque diluvienne rappelle celui des oscillations actuelles,

On peut en conclure que les oscillations du climat

<sup>1</sup> Ces oscillations de température et de chutes de pluie dans une période de 35 ans ressortent de l'examen de plusieurs graphiques de courbes.

d'alors ont dû être analogues à celles d'aujourd'hui. De même qu'aujourd'hui une période froide amène une diminution de la pression atmosphérique, pour la plus grande partie du continent, accompagnées d'une plus grande chute de pluies, et suivie d'une extension des glaciers et d'une élévation des lacs sans écoulement, de même autrefois, une période froide, caractérisée par une plus grande durée et un plus grand abaissement de température, a pu amener des variations de pression et de chutes de pluie assez importantes pour produire la période glaciaire. Le climat des deux époques glaciaires était surtout plus froid, et généralement plus humide, sur les continents que les climats de la période intermédiaire, de l'époque pré-glaciaire et de nos jours. Ceci nous explique pourquoi la différence entre la limite des neiges d'alors et d'aujourd'hui est variable suivant les chaînes de montagnes; cette différence est moyenne là où les pluies n'ont pas varié pendant l'époque glaciaire, elle est plus forte là où elles ont augmenté, plus faible là où elles ont un peu diminué.

Nous ne pouvons pas déterminer la différence entre les pluies d'aujourd'hui et celles de cette époque, car elle est variable d'un lieu à un autre. Par contre, on peut calculer la différence de température, sachant qu'un abaissement de  $0^{\circ},5$  correspond à une élévation de 100 mètres. Il suffit de savoir quel a été l'abaissement de la limite des neiges, dans les territoires où les chutes d'eau n'ont pas augmenté pendant l'époque glaciaire, c'est-à-dire dans les territoires où il y a eu un faible abaissement de cette limite.

Nous trouvons ainsi que le climat de l'époque glaciaire devait être de  $3^{\circ}$  à  $4^{\circ}$  C. plus froid que celui d'aujourd'hui.

En résumé, les oscillations climatologiques de l'époque glaciaire se traduisent par deux périodes — humides sur le continent, et plus froides que la nôtre de 3° à 4° — séparées par une période chaude, analogue aux époques pré-glaciaire et actuelle.

Si nous avons pu, à l'aide de nos recherches sur les oscillations de 35 ans, soulever un peu le voile qui nous cachait le climat de la période glaciaire, nous devons reconnaître que les causes des gigantesques oscillations de l'époque diluvienne nous échappent encore. Bien des années s'écouleront peut-être avant qu'un seul pas de plus puisse être fait dans cette direction.

M. le professeur PENCK, de Vienne en Autriche, fait la communication suivante :

En disant quelques mots sur le *double pli glaronais* à l'instigation de M. le président, je sais fort bien que je ne vous présente rien de nouveau et que je n'ai pas pu étudier le sujet assez à fond. Je ne puis donner que les observations faites, et les impressions reçues, dans trois jours d'excursions, pendant lesquels, avec quarante autres collègues, nous avons visité, sous la direction de M. le prof. Heim, les points les plus probants pour sa théorie sur les Alpes glaronaises.

Voici l'essentiel de ce que j'ai pu observer sur le trajet de Schwanden à Elm et Linththal.

A la Lochseite, près de Schwanden, le Verrucano se trouve en couches presque horizontales, en bas : vertes et nodulo-schisteuses (*flaserich*), en haut : plus rouges et poudinguiformes; reposant transgressivement sur les ardoises noires de l'Éocène, plongeant fortement vers le sud. A la limite des deux masses de roches s'étend un

ruban de calcaire fortement plissé ridé, le *Lochseitenkalk*, qui forme parfois des pochettes dans les couches sous-jacentes. La surface de ce dernier s'accommode à la face inférieure du *Lochseitenkalk* en suivant ses ondulations irrégulières. Une fente presque horizontale et concordante, très visible, suit la limite du Verrucano et du *Lochseitenkalk*, ou le milieu de celui-ci.

2° Le ravin profond du Tschingel et ses ramifications laissent voir des bancs de calcaires à Nummulites, plongeant au sud-est, intercalés en concordance dans les schistes noirs éocènes.

3° Au Hausstock, les ardoises noires, fortement plissées, et les bancs intercalés de calcaire éocène se poursuivent sous les couches horizontales du *Lochseitenkalk* et du Verrucano, de telle manière que les mêmes plis de l'Éocène sont visibles des deux côtés du Hausstock-Mättlistockgrat, aussi bien dans la vallée d'Elm que dans celle de Durnach.

4° Le même profil, que j'ai vu de loin au Hausstock, se répète au Kalkstöckli. Le sommet est formé par du Verrucano schisteux rouge, trituré et déchiré. Au-dessous se présente un calcaire ridé et plissé, en tout semblable à celui de la Lochseite. Le substratum se compose de schistes ardoisiers noirs, plongeant fortement au sud, dans lesquels est intercalé un banc de calcaire à Nummulites, ce qui rend pour cette localité leur âge éocène incontestable. Comme à la Lochseite, mais beaucoup plus en grand, le *Lochseitenkalk* et l'Éocène s'enchevêtrent, de sorte que la puissance du *Lochseitenkalk* varie de 20<sup>m</sup> à zéro. Sa surface forme le col entre Kalkstock et Hahnenstock. Elle est toute plate, penche faiblement au NNE et est couverte par places de dolomie jaune (*Röthidolomit*). Cette

surface plate du *Lochseitenkalk* peut se poursuivre par-dessous le Verrucano jusqu'à perte de vue, au sud dans le Hausstock, au nord dans les régions du Kärpf, à l'est jusqu'aux Graue-Hörner.

5° Au sud du Hausstock, on voit dans la paroi du Vorab la coupe suivante : en haut, le Verrucano verdâtre, formant des parties crénelées ; dessous, une couche brune (Dogger) avec calcaire gris très épais à la base (*Hochgebirgskalk*). Sous ce dernier apparaissent les ardoises noires, plongeant au sud, avec des bancs de calcaire à Nummulites intercalés (Éocène). Vers l'est, contre les Tschingelhörner, l'épaisseur du *Hochgebirgskalk* diminue sensiblement, et sous les Tschingelhörner il renferme de puissants coins du schiste ardoisier sous-jacent. Le Zwölflhorn, formant saillie sur la paroi précitée, montre en profil une courbure du *Hochgebirgskalk* et bancs sous-jacents, dont la convexité est dirigée vers le nord.

6° Du Hahnenstock (0,7 km au nord du sommet du Kalkstöckli) jusqu'au Bützistock, s'étend sur deux kilomètres une arête de Verrucano, avec des lambeaux de dolomie. Au pied ouest du Bützistock se trouve, sous le Verrucano : d'abord de la dolomie jaune (*Röthidolomit*) ; puis, par-dessous : schistes rouges (*Quartenschiefer*), Quartzite et Schistes noirs (Lias), Brèche à Échinodermes, Feroolithique à Bélemnites (Dogger), calcaire jaune tacheté à Bélemnites (*Schilkkalk*). Ce dernier est très fortement laminé dans la direction déclive de la limite entre le Verrucano et l'Éocène. Sous le *Schilkkalk* apparaît un calcaire gris-clair à gros bancs, également laminé, qui contient des Bélemnites (*Hochgebirgskalk*). Épais de 100 à 200 mètres, il forme le Saasberg, tandis que les couches antérieures jusqu'au Verrucano ne mesurent ensemble guère

plus de 15 m. Tous ces terrains sont en parfaite concordance et ont pu être poursuivis autour de l'angle ouest du Bützistock; ainsi, ils passent certainement sous le Verrucano. Plus loin, sous la paroi du Bützistock, au-dessus de la Heustaffelalp, il y a une triple répétition de *Quartenschiefer*, Lias, Dogger et Malm, dans l'ordre indiqué, et immédiatement en dessous se trouvent les schistes noirs, avec un banc à Nummulites (Éocène). Une série de dénudations, jusque sous le Kalkstöckli, démontrent que cet ensemble de terrains, entre le Verrucano et les schistes éocènes, s'amincit et finit par être réduit au Lochseitenkalk du Kalkstöckli.

Voilà mes observations. Je les résume comme suit :

Dans la région du Kärpf, entre Sernf et Linththal on trouve à la base un système de couches schisteuses fortement plissées, qui plongent, dans leur ensemble, dans la direction sud, et qu'on a attribuées au tertiaire inférieur à cause de la présence au milieu d'elles de nombreux bancs de calcaire à Nummulites; c'est à ces couches qu'appartiennent les ardoises glaronaises. Sur celles-ci, et en discordance avec elles, s'étend, dans la région même du Kärpf, un lit de Verrucano plongeant vers le nord et qui repose par endroits directement sur les bancs de calcaire à Nummulites; puis au-dessus de ce Verrucano l'on trouve entre Sernfthal et le Walensee la série de couches, normale pour la Suisse orientale : Röthidolomit, Quartenschiefer, Lias, Dogger et Malm, et plus loin vers le Nord tout le système Crétacé et l'Éocène. La limite des schistes avec le Verrucano qui les recouvre est partout fort évidente et l'on peut facilement la suivre dans le paysage pendant des lieues. Le long de cette ligne de contact se trouve avec une puissance très variable le *Lochseitenkalk* qui se combine avec la formation inférieure d'une

façon singulière, les deux couches étant comme pétrées l'une avec l'autre. Au Bützistock ce lit, gagnant en puissance, passe à un complexe de dolomie jaune, de schiste rouge, de schistes noirs avec quartzite, de brèche à Échinodermes, de fer oolithique avec Bélemnites et de calcaire gris à Bélemnites.

Or le caractère pétrographique aussi bien que la faune de ces formations prouvent qu'elles ne sont autre chose que la série renversée des couches habituelles : Rôthidolomit, Quartenschiefer, Lias, Dogger et Malm, qui est réduite ici au dixième de sa puissance ordinaire et dont les roches portent toutes sans exception les marques d'un étirement. Au sud d'Elm, c'est de nouveau le Verrucano qui repose sur ces couches tertiaires inférieures et qui forme ici un plateau plongeant vers le sud, celui-ci étant de nouveau couvert par la série normale des couches jusqu'au jurassique. Au contact des Schistes éocènes et du Verrucano se trouvent des formations jurassiques d'une grande puissance, en ordre renversé.

Ces résultats correspondent parfaitement avec les observations que Heim a communiquées dans ses « Recherches sur le mécanisme de la formation des montagnes. » Il n'y a aucun doute que dans la région ici décrite le Verrucano n'ait été repoussé au-dessus de l'Éocène; et l'explication de Vacek, suivant laquelle le Verrucano reposerait sur des schistes plus anciens, contre lesquels l'Éocène serait collé seulement à la surface, n'a pu être confirmée par aucune preuve, ni pétrographique, ni paléontologique, ni stratigraphique.

Il n'y a pas de doute non plus qu'il existe, entre l'Éocène et le Verrucano, des terrains supérieurs à ce dernier, fortement comprimés et en ordre renversé.

Je ne puis m'expliquer ces deux faits principaux que par la théorie de Heim et si, grâce à ce que je n'avais rien trouvé de semblable dans les Alpes orientales, j'étais prédisposé contre les explications de cet honorable savant, aujourd'hui que j'ai visité le double pli glaronais, je ne peux que me déclarer parfaitement d'accord avec les observations de Heim et les conclusions qu'il en a tirées. C'était si je ne fais erreur l'impression de chacun.

Le Prince Roland BONAPARTE fait une communication sur l'écoulement récent du lac de *Märjelen* au pied de l'Eggishhorn. Un soir, le lac commença à se vider avec un bruit considérable, et ce n'est que cinq jours plus tard que les eaux furent entièrement écoulées, laissant au fond des glaçons de grande dimension. Deux petits lacs, situés un peu au-dessus, sur le glacier, se vidèrent en même temps, ce qui fait admettre des communications cachées avec celui de *Märjelen*. En général l'écoulement des eaux de ce dernier se faisait beaucoup plus vite, plusieurs fois même il lui suffit de moins de 24 heures. Les grandes crevasses par lesquelles l'eau s'est échappée se trouvent à la partie orientale de la ligne de contact du lac et du glacier, elles sont larges et leurs flancs sont à peu près verticaux dans la partie inférieure, puis elles se rétrécissent en une sorte de collet un peu en dessous de la surface inférieure de la glace.

M. F.-A. FOREL, de Morges, présente la *carte hydrographique du lac Léman* à l'échelle de 1 : 25,000, levée par les ingénieurs suisses et français dans les années 1873-1889. Le lever a été fait dans les eaux suisses par MM. Ph. Gosset et J. Hörnlimann, ingénieurs au Bureau



topographique fédéral, sous la direction de MM. les colonels Siegfried et Lochmann, chefs de ce bureau; dans les eaux françaises par M. A. Delebecque, ingénieur des Ponts et Chaussées de l'arrondissement de Thonon, et MM. Faletti et Garcin, conducteurs des Ponts et Chaussées.

Le programme, les méthodes et le figuré du relief, utilisés sur l'ensemble du lac, sont ceux établis par le Bureau topographique fédéral.

Le nombre des coups de sonde donnés par les ingénieurs suisses est de 7647, par les ingénieurs français, 4338, ensemble 11,955, représentant 20 coups de sonde par kilomètre carré.

La profondeur maximale en 1888 était de 309,7<sup>m</sup> au-dessous du niveau moyen du lac, établi à RPN-1,56<sup>m</sup>. Le point de plus grande profondeur est dans le profil Ouchy-Évian, au milieu de la plaine centrale, presque horizontale, qui mesure 60 kilomètres carrés.

M. Forel étudie quelques-uns des détails figurés sur la carte: la plaine centrale, le delta sous-lacustre et le ravin sous-lacustre du Rhône, les cônes torrentiels des affluents, la barre de Promenthoux, les cuvettes du Petit-lac, etc.; il montre l'excellence et la perfection de cette belle carte, qui peut être considérée comme le chef-d'œuvre de la cartographie hydrographique suisse.

M. Forel résume les faits principaux du relief du bassin en établissant la classification suivante pour les dépôts d'alluvion lacustre:

1° dépôts d'*alluvion fluviale grossière*, formant les cônes torrentiels immergés à pente raide, devant l'embouchure des affluents;

2° dépôts d'*alluvion lacustre grossière*, formant la beine et le talus du mont, devant les côtes d'érosion;

3° dépôts d'*alluvion lacustre impalpable*, formant une couche uniformément répandue sur tous les talus et le plafond du lac, au-dessous de la limite d'action des vagues;

4° dépôts d'*alluvion fluviale impalpable*, formant la plaine centrale, au milieu du plafond du lac.

Enfin M. Forel, étudiant cette plaine centrale parfaitement horizontale et égalisée, constate que cette égalité, presque absolue, doit être attribuée aux courants des seiches, seuls actifs et efficaces dans les très grands fonds du lac.

M. A. DELEBECQUE, ingénieur, à Thonon, expose les résultats que lui ont donnés les *sondages du lac d'Annecy*. Ce lac se compose de deux bassins, dont les profondeurs sont, pour le plus septentrional, de 65<sup>m</sup>,2, pour le plus méridional, de 55<sup>m</sup>,7. Ces deux bassins sont séparés par une barre très peu saillante, sur laquelle la profondeur est de 49<sup>m</sup>,8. Il est à remarquer que cette barre ne forme pas le prolongement du promontoire de Duingt, qui divise la surface du lac en deux parties bien distinctes.

Les principales particularités qui méritent d'être signalées sont les suivantes :

a) L'escarpement du talus immergé au pied du Roc de Chère. A deux mètres du rivage, on a trouvé 42 mètres de profondeur.

b) L'îlot du Roselet, qui forme le prolongement du promontoire de Duingt.

c) Deux hauts fonds en face de Sévrier : l'un dit Crêt de Châtillon, où la profondeur est de 4 mètres par des fonds de 40 mètres; l'autre, où la profondeur est de 9<sup>m</sup>,10 par des fonds de 25 à 30 mètres. Ces hauts-fonds

sont vraisemblablement d'origine morainique et correspondent aux moraines qui sillonnent le rivage aux abords de Sévrier.

d) Un trou de 81 mètres de profondeur par des fonds de 25 à 30 mètres. Ce trou, dit le Boubio, se trouve entre Annecy et la colline de la Puya, à 200 mètres du rivage. Son bord forme à peu près une ellipse dont les axes ont 180 et 220 mètres de diamètre.

De Saussure avait découvert ce trou en 1780, mais il ne lui avait trouvé que 58 mètres de profondeur. Il avait mesuré la température de l'eau dans ce trou à 53 mètres de profondeur le 14 mai 1780 et avait obtenu  $5^{\circ},6$  centigrades. Des sondages thermométriques faits le 2 juin 1890 par M. Delebecque à des profondeurs de 49, 60, 66 et 74 mètres lui ont donné comme température constante  $5^{\circ},8$ . Cette concordance avec les observations de de Saussure mérite d'être signalée. La température du fond du lac dans la plaine centrale n'était ce jour-là que de  $4^{\circ},7$ .

Il est donc probable que la formation de ce trou est due à une source plus chaude que l'eau du fond du lac.

M. le prof. GRÆFF, de Fribourg en Brisgau, présente une communication préliminaire sur les *résultats de ses recherches concernant les roches porphyriques*, qui, d'après les communications antérieures de Favre et de Gerlach, se trouvent largement distribuées sur le flanc sud-est du massif du Mont-Blanc et qui passent à la Protogyne et aux schistes cristallins.

Les roches en question, dont les affleurements ont été suivis l'an dernier du Mont-Catogne, près d'Orsières, jusqu'au Col du Grapillon ou petit Ferret, sont de véri-

tables Quartz-porphyres (porphyres pétrosiliceux ?) Leur disposition vis-à-vis de la Protogyne est telle qu'il ne peut être ici question du passage de l'un à l'autre.

La limite entre le Porphyre et la Protogyne est toujours très nettement marquée. Près du contact, le Porphyre, abstraction faite de la rareté des ségrégations, ne paraît présenter aucune différence avec son facies habituel, tandis que la Protogyne montre souvent dans le voisinage de ce contact une réduction dans les dimensions de son grain.

En tout cas, au point de vue de la genèse, ces deux roches sont étroitement liées; on dirait des poussées postérieures d'un magma granitique, solidifiées porphyriquement. Cette liaison du Porphyre et de la Protogyne lève tout naturellement les derniers doutes qu'on pourrait avoir sur l'origine éruptive de la Protogyne; celle-ci n'est qu'un Granit d'une schistosité variable en différents endroits. De la même manière, et par la même cause, le porphyre a été en majeure partie modifié, et, par de fortes pressions accompagnées d'une riche production de séricite, a été transformé en une roche schisteuse, qui, dans le facies extrême, rappelle à s'y méprendre certains schistes micacés.

Là où ces roches arrivent en contact avec les véritables Gneiss et Schistes micacés du massif du Mont-Blanc, la limite entre les deux reste toujours très marquée et parfaitement reconnaissable. Jamais (jusqu'ici tout au moins) le Porphyre n'a été observé en gisement nettement tranché par rapport aux couches sédimentaires insuffisamment étudiées, qui forment le manteau du massif. Il est plutôt intercalé dans ces dernières en bancs ou plaques épaisses, en concordance. Au contact, des

modifications dans les sédiments ne semblent pas se présenter d'une manière très sensible, au contraire, on y trouve presque toujours des phénomènes qui semblent indiquer des actions mécaniques, comme la pression, le déchirement, etc., sur la roche déjà formée.

Le voisinage actuel des deux roches n'est, selon toute vraisemblance, pas originel et n'a pas été produit lors de l'éruption du Porphyre, mais au contraire à la suite de dislocations postérieures. Il s'ensuit qu'on n'en peut tirer aucun point d'appui pour assigner une époque géologique au Porphyre. Ces recherches seront terminées cet automne.

Cet exposé a été complété par une riche série d'échantillons montrant tout particulièrement les différents états de schistosité du Porphyre.

Diverses observations sont présentées à la suite de cette communication :

M. le prof. A. BALTZER remarque que quelques-unes des roches présentées par M. Græff lui rappellent tout à fait le facies latéral (*Randfacies*) de la Protogyne, qu'il a décrit au massif de l'Aar (Mieselen). Il considère aussi la Protogyne comme d'origine éruptive, mais il ne pense pas que l'on puisse expliquer la disposition stratifiée de la zone de *Granit-gneiss* du massif de l'Aar par un simple écrasement.

M. le prof. C. SCHMIDT signale encore d'autres cas analogues dans les Alpes bernoises.

M. le prof. E. RENEVIER présente les observations suivantes :

« M. Græff nous dit qu'il a trouvé au Mont-Catogne une roche pétrosiliceuse plaquée contre la Protogyne et recouverte de Schistes cristallins. Il y a donc interstratification normale, et rien ne prouve que cette roche soit éruptive, car M. Græff reconnaît n'avoir rencontré *aucun filon transverse, ni structure scoriacée, ni inclusions vitreuses dans le magma*, les trois seuls caractères que je puisse admettre comme démontrant l'origine éruptive. M. Græff se base sur une certaine texture cristalline, mais rien ne prouve que celle-ci ne soit pas le résultat du métamorphisme ; quant à la Protogyne, ce que j'en ai vu jusqu'ici me porte à la considérer plutôt comme un sédiment métamorphysé. »

M. le prof. BALTZER, de Berne, présente la *Carte géologique des environs de Berne* au 25,000<sup>m</sup>, dressée par lui et M. JENNY, avec l'aide de M. Kissling. Cette carte est surtout destinée à représenter le domaine des moraines intérieures du glacier de l'Aar pendant la période diluvienne et quelques massifs de mollasse. Elle présente treize couleurs géologiques et quinze signes spéciaux pour désigner la nature des blocs erratiques. Les travaux exécutés pour amener et distribuer l'eau de source dans la ville de Berne y sont aussi indiqués.

L'auteur fait ressortir quelques points étudiés par lui.

Pour ce qui concerne les formations d'alluvion, on distingue les terrasses d'érosion récentes de l'Aar, les terrasses fluvio-glaciaires et les anciennes alluvions glaciaires moins meubles que les précédentes. La terrasse supérieure, plus importante que les autres terrasses d'érosion, forme, avec les terrasses fluvio-glaciaires, un niveau d'alluvions unique (correspondant au *Niederterras-*

*senschotter* de Penck). On a souvent observé que cette alluvion provient des moraines frontales et qu'elle contient de gros blocs dans le voisinage de celles-ci.

Une formation très répandue dans la contrée avoisinante de Berne est la craie morainique, produit des anciennes moraines, considérée plus anciennement comme du loess, mais qui contient 80 à 95 %, de carbonate de chaux.

M. Baltzer a constaté, à côté du lehm avec blocs striés typiques, une autre variété de moraine de fond qu'il a désignée sous le nom de moraine de fond sableuse, et qui contient une grande quantité de cailloux rayés et striés, ce qui prouve qu'elle n'a pas été amassée par les eaux. Quelquefois cette variété semble passer à la variété typique, par des superpositions alternatives. D'autres fois, au contraire, le passage se fait peu à peu et insensiblement. L'orateur considère cette moraine sableuse comme un produit du frottement du glacier contre les mollasses, ce qui montrerait une action érosive du glacier. Le fait qu'elle est localisée dans les domaines de la mollasse, que les couches supérieures de cette dernière sous les débris glaciaires sont souvent fortement effritées (fait qui facilite beaucoup l'érosion) et que les moraines sableuses se sont formées surtout là où le glacier devait remonter des pentes de mollasse, prouverait, comme la composition pétrographique, que l'explication donnée plus haut de l'origine de ces moraines est juste. On trouve du reste ici très facilement des phénomènes de frottement et de pression. L'épaisseur de la moraine de fond sableuse ne paraît pas dépasser 6 mètres, tandis que le lehm typique atteint quelquefois une puissance de 15 mètres. L'érosion glaciaire est donc limitée et des observations plus approfondies

sur ce sujet donneraient des renseignements exacts sur la puissance d'érosion des glaciers.

M. Baltzer distingue les facies suivants de moraine de fond : 1° moraine ordinaire de lehm ; 2° facies sableux ; 3° moraine avec légère stratification, formée par des couches de lehm et de sable alternantes et irrégulières, qui contient un petit nombre de cailloux striés, et passe peu à peu à l'état de moraine de fond remaniée par les eaux. Il faut naturellement adapter ces trois types au cas où le matériel de moraine de fond contribue à la formation de moraines de surface.

Dans une seconde communication, M. BALTZER traite des *Limites des anciens glaciers du Rhône et de l'Aar*. Il admet, comme cela a été prouvé surtout dans la région orientale des Alpes, deux invasions successives des glaciers, et pour cela il se base, vu le manque complet de coupe interglaciaire dans le bassin de l'Aar, sur la superposition de moraines de fond plus récentes sur des alluvions glaciaires avec cailloux striés, ainsi que sur l'existence de moraines de montagnes (Bergmoränen), que l'on trouve jusqu'à 1000 mètres, et de moraines de vallée (Thalmoränen), situées de 300 à 350 mètres plus bas. Il croit devoir déplacer la limite des glaciers du Rhône et de l'Aar telle que A. Favre l'a fixée dans son excellente carte des glaciers. Sur cette carte, ainsi que sur la feuille XII de la carte géologique suisse, les limites des deux glaciers à des périodes différentes sont mêlées, et par conséquent ne doivent pas aller ensemble. Il faut admettre comme limite orientale du glacier du Rhône, à l'époque du maximum d'extension des glaciers, la ligne du Gurnigel, comme Bachmann l'a déjà proposé en 1883. Le



glacier du Rhône ne contournait pas alors un avancement conique de celui de l'Aar, mais les deux glaciers se réunissaient déjà à la hauteur de Thoune.

A côté de l'impossibilité mécanique de l'hypothèse de Favre, il y en a une chronologique, car lorsque le glacier du Rhône se trouvait à la hauteur du Längenbergl près de Berne, il s'était retiré depuis longtemps des vallées de l'Emme et se terminait à peu près vers Aarau ou Olten.

Vers la fin de la première période glaciaire (période principale), après que les glaces s'étaient abaissées d'environ 400 mètres, les moraines de montagne du glacier de l'Aar se formèrent à environ 900 mètres.

Une ligne importante pour le glacier du Rhône, qui a déjà été indiquée par Mühlberg et Brückner, est la limite extrême des moraines de la dernière période glaciaire, marquée par les moraines frontales d'Attisholz et Wangen. Quant aux moraines frontales situées plus en arrière, près de Schönbühl et Münchenbuchsee, ce sont les étapes du glacier de l'Aar près de Berne qui leur correspondent.

Des deux proéminences terminales du glacier de l'Aar près de Berne, telles que la carte des glaciers de Favre les donne, celle du nord est plus ancienne et correspond vraisemblablement à la fin de la première période glaciaire, tandis que celle de l'ouest appartient à la seconde ou dernière période. Par suite de la non-simultanéité des époques d'accroissement et de retraite des deux glaciers, il y a mélange et superposition de leurs matériaux dans la zone de contact.

Une conséquence nécessaire du puissant refoulement exercé par le glacier du Rhône sur celui de l'Aar devait être qu'un bras de ce dernier se cherchât un passage par la dépression du Brunig jusqu'au lac des Quatre-Cantons.

M. le prof. **MAYER-EYMAR**, de Zurich, communique des détails nouveaux *sur la faune du Londonien d'Appenzell*<sup>1</sup>.

Ce terrain consiste en marnes noirâtres, un peu endurcies et parfois légèrement schisteuses, de cent mètres d'épaisseur, dans le ravin d' Eggerstanden, et couronnées par un banc calcaire à *Ostrea Escheri*. Ces deux dépôts inséparables forment un arc le long du pied ouest et nord des Fæhnern, du ravin de Brüllach, près de Weissbad, jusqu'à la vallée du Rhin à Eichberg, arc limité à ses extrémités par la mollasse aquitanienne; tandis qu'au milieu, dans le ravin d' Eggerstanden, les bancs inférieurs du dépôt s'enrichissent de veines de calcaire spathique, deviennent plus schisteux et pourraient bien alors constituer l'étage éocène le plus inférieur, recouvert à son tour par la mollasse.

Ce petit massif éocène des Fæhnern a pour base, au sud-est, le calcaire et les schistes blancs dits de Seewen, prolongement de la chaîne du Kamor, tandis qu'à l'ouest, ce massif est traversé par un éperon des mêmes roches, qui représentent les sous-étages campanien et mæstrichtien, soit la craie la plus supérieure et renferment des échantillons d'*Echinocorys ovata*, *Inoceramus Crispi* et *Belemnitella mucronata*. La superposition des marnes noires du pied des Fæhnern, à ces calcaires et schistes blancs de Seewen, est très visible dans le ravin du Brüllach et dans celui du Wybach; elles appartiennent donc à l'éocène inférieur.

Ces marnes et marno-calcaires noirs doivent être clas-

<sup>1</sup> Voyez sur ce sujet les travaux antérieurs : Mayer-Eymar, *Das Londonian am Sântis (Vierteljahrsschr Naturf. Gesellsch., Zurich, 1879)* et Frauscher, *Die Fauna des Untereocæn der Nordalpen, I (Denkschr. Wien-Akad. Wissensch., 1886)*.

sés dans l'étage que j'ai nommé Londinien, car elles offrent à leur partie supérieure, dans le ravin d'Esgerstanden, le passage au nummulitique parisien inférieur, roche glauconneuse et grès vert, à *Nummulina granulosa*, *N. Biarritzensis*, *Rotularia Bognorensis*, et les huîtres, spondyles et peignes ordinaires du calcaire grossier inférieur, associés à *Ostrea Escheri*, *Crassatella sinuosa*, *Cytherea ambigua* et *Parisiensis*.

Voici les principales espèces éocènes, ou tout au moins neutres, de notre Londinien, provenant soit des marnes noires (I), soit du calcaire (II) :

- II. *Cliona megastoma*, Fisch. (4). Londinien du Nord, Parisien du Nord et des Alpes.
- II. — *Parisiensis*, Orb. (4). Mêmes gisements.
- II. *Ostrea (Gryphæa) Brongniarti*, Bronn (2) Londinien d'Égypte, Tongrien du Vicentin.
- II. — — *Escheri*, May.-Eym. (5) Londinien de Londres, Parisien des Alpes, etc.
- II. — — *Gumbeli*, May.-Eym. (2) Londinien d'Égypte, Parisien d'Égypte, etc.
- II. — — *Mayeri*, Frausch. (2) Londinien de Londres, Parisien d'Égypte, etc.
- II. *Pecten (Neithea) goniopleura*, May.-Eym. (2). Type tertiaire et récent.
- II. — (*Cornelia*) *corneus*? Sow. (2). Londinien-Tongrien.
- II. — *Gallensis*, May.-Eym. (4). Type tertiaire et récent.
- II. *Avicula papyracea*, Sow. (3). Londinien de Londres.
- II. *Mytilus (Modiola) subcarinatus*, Lam. (2). Londinien-Tongrien.
- II. — — *sulcatus*, Lam. (2). Parisien, Bartonien.
- I. *Stalagmium tenuistriatum*, May.-Eym. (2). Type tertiaire.
- I. *Nucula Bowerbanki*, Sow. (2) Londinien de Londres.
- II. *Cardita Brongniarti*? Mant. (2). Londinien de Londres.
- I. — *multicostata*? Lam. (Vener.) (3). Soissonien-Parisien II.
- II. *Crassatella plicatilis*, Dsh. (4). Parisien I de Paris et des Alpes.
- II. — *sinuosa*, Dsh. (5). Mêmes gisements.
- II. *Lucina subalpina*? May.-Eym. (2). Londinien du Vicentin.
- II. *Corbis Brongniarti*, May.-Eym. (2). Type tertiaire.

- I. *Corbis Davidsoni*, Dsh. (2). Soissonien de Paris, Londinien de l'Aude.
- II. — *latilamella*, May.-Eym. (2). Type tertiaire.
- I. *Corbis Prestwichi*, May.-Eym. (2). Type neutre.
- II. *Cardium* (*Protocardium*), difficile? Dsh. (2). Londinien de Paris, Parisien des Alpes.
- I. — *densicostatum*? Frausch. (3). Type neutre.
- II. *Cytherea ambigua*, Dsh. (4). Londinien de Paris, Parisien des Alpes.
- II. — *Dixoni*, Dsh. (3). Londinien de Paris, Parisien? des Alpes.
- II. — *nitidula*, Dsh. (2). Londinien de Paris (Vrégny)-Bartonien.
- II. — *obliqua*, Dsh. (4). Soissonien-Bartonien?
- II. — *Parisiensis*, Dsh. (2). Londinien-Bartonien.
- II. — *polita*? Lam. (2). De même.
- I. II. *Venus plicata*? Gmel. (3). Type tertiaire.
- II. *Turritella hybrida*? Dsh. (2). Soissonien et Londinien du Nord.
- I. *Nautilus centralis*, Sow. (2). Londinien de Londres, Parisien des Alpes.
- II. *Serpula Gundavaensis*, Arch. (3). Londinien? de l'Inde, Parisien des Alpes.

Vingt espèces sur trente-cinq se retrouvent dans le Londinien du nord, et cette forte proportion, jointe à l'analogie de la roche avec l'argile de Londres et des Flandres, invite même à présumer qu'à l'époque londinienne inférieure, la mer du Nord communiquait directement et probablement par l'Allemagne avec la mer subalpine.

Or ces marnes éocènes si bien caractérisées renferment un grand nombre d'espèces de types des terrains crétacés supérieurs. Ce sont :

*Ostrea Studeri*, May.-Eym., espèce fréquente dans le banc à *O. Escheri*, appartenant évidemment au groupe crétacé de l'*O. Deshayesi*, dont elle se distingue ici par sa forme presque subitement élargie par le bas. *Ostrea*

- *Deickei*, May.-Eym., exogyre tout à fait semblable aux *O. plicifera* et *Matheroni* du Santonien et du Campanien et formant, comme elles, un banc. Elle se distingue à grand'peine de la dernière espèce par une taille plus petite et un côté postérieur plus abrupt.

Trois espèces de Peignes-Neithées à côtes alternantes, si caractéristiques des terrains crétacés. L'une, *Pecten Edwardsi*, May.-Eym., assez commune dans le banc à *O. Escheri*, rare dans les marnes, se distingue des espèces de la craie blanche, *P. Mortoni*, *P. quadricostatus*, *P. tricostratus*, etc., d'abord par la taille plus grande, puis, par sa plus forte courbure, mais surtout en cela que, à l'instar du *P. alpinus*, du Cénomanién inférieur, elle n'a que deux côtes intermédiaires aux côtes principales de la grande valve. Elle diffère de ce *P. alpinus* par plusieurs caractères importants. Une autre espèce, que j'ai dédiée à *Dixon*, du banc calcaire, elle aussi, serait tout à fait un *P. striatocostatus* ou *substriatocostatus*, si ses côtes principales n'étaient pas nettement bifides. La troisième, enfin, *P. subæquicostatus*, May.-Eym., du même niveau, ressemble à s'y méprendre au *P. æquicostatus*, du Cénomanién inférieur, mais en y regardant de plus près, l'on s'aperçoit qu'elle a des côtes principales moins distinctes.

A ces peignes du sous-genre *Neitheia*, viennent encore se joindre: *Pecten (Cornelia) Munieri*, May.-Eym., trouvé en deux exemplaires dans les marnes (I), espèce du grand groupe, jurassique et crétacé, des *P. striato-punctatus*, *Arzierensis*, *virgatus*, *subvirgatus*, etc., se distinguant de ceux-ci par ses côtes divergentes, plus fortes et moins nombreuses; et *P. Espaillaci*, Orb., assez commun dans le calcaire, peigne du Campanien et du Mâstrichtien,

dont j'ai cru jadis pouvoir distinguer, sous le nom de *P. eocænicus*, les trois premiers exemplaires éocènes, mais dont de plus nombreux matériaux démontrent aujourd'hui l'unité spécifique.

On a cité depuis longtemps des Inocérames des couches dites de Wang, considérées comme infra-nummulitiques et qui correspondent même vraisemblablement, du moins en majeure partie, au Londinien d'Appenzell. Il n'est donc pas étonnant de voir, dans notre Londinien inférieur, des fragments caractéristiques d'une espèce de ce genre<sup>1</sup>; ils ne sont malheureusement pas déterminables; il est seulement certain, vu leurs petits plis, qu'ils n'appartiennent pas à l'espèce ordinaire de la craie supérieure, l'*I. Crispi*<sup>1</sup>.

Voici une Arche-Cucullée, assez commune dans le calcaire. Elle rappelle, par sa taille et sa forme, l'*A. Royanensis*, du Danien, mais elle est plus oblique et un peu moins renflée. Je l'ai dédiée au géologue autrichien, Théobald Zollikofer.

*Rhynchonella Rehsteineri*, May.-Eym. se distingue des deux espèces du Garumnien de Spilecco, près de Vicence, par sa taille et par sa forme plus globuleuse, tandis qu'il se rapproche du *Rh. Eudesi*, du Campanien, tout en étant plus ramassé.

Voici enfin un *Baculite*, du groupe de *Bac. anceps*,

<sup>1</sup> J'ai décrit dans le *Journal de Conchyliologie*, 1887, sous le nom d'*I. Isseli*, un Inocérane très voisin de l'*I. labiatus*, du Turonien inférieur, mais trouvé par moi dans le Ligurien inférieur, à Gênes même.

<sup>2</sup> Je me décide à donner un nom, celui d'*I. Kaufmanni*, à cette espèce qui paraît encore avoir été de taille médiocre, voûtée et fortement rostrée?

*Baculites Heberti*, May.-Eym., grand fragment du gros bout, recouvert en partie de la gangue caractéristique de la marne noire (I). Sa taille un peu faible et ses plis étroits et rapprochés suffisent pour le distinguer de son devancier du Danien, *Bac. anceps*.

(*A suivre.*)

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## PHYSIQUE

### RECTIFICATION D'UNE REMARQUE SUR LA NOTE DE M. POINCARÉ RELATIVE AUX OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES.

Dans le Bulletin scientifique du numéro de septembre des *Archives*, j'ai fait suivre un extrait de la note de M. Poincaré dans les Comptes rendus d'une remarque pour rappeler que nous avons, M. E. Sarasin et moi, montré expérimentalement la multiplicité des périodes vibratoires de l'oscillation électrique.

Mais, en ajoutant qu'il semble difficile de décider si la période varie d'une manière continue ou par valeurs définies, j'ai énoncé une assertion sur laquelle je dois revenir si elle est prise dans sa signification la plus directe, et qu'on peut seulement appliquer à la valeur relative de l'intensité des oscillations.

En effet, il résulte de nos expériences sur les interférences de la force électromotrice se propageant le long de fils conducteurs que tout résonateur circulaire, quel que soit son périmètre, donne lieu à un système de ventres et de nœuds qui révèlent une longueur d'onde correspondant à ce périmètre. Donc cette longueur d'onde et la durée de période qu'elle implique varient d'une manière continue dans le système total émis par un excitateur. D'autre part, on peut supposer, et c'est à cette hypothèse que se rattache le sens de ma première remarque, que le spectre électrique est continu, mais offre des renforcements d'intensité correspondant aux harmoniques ou plutôt aux valeurs définies que l'analyse de



M. Poincaré rend possibles théoriquement. Dans ce cas, nos expériences ne permettent pas d'affirmer que ces renforcements n'ont pas lieu, mais ne les font pas non plus soupçonner. Nous n'avons pas même pu établir nettement les limites entre lesquelles les longueurs d'onde dues à un excitateur de dimensions données se trouvent comprises.

L. DE LA RIVE.

---

## CHIMIE

C. SCHALL. DENSITÉ DE VAPEURS SOUS PRESSION RÉDUITE. (*Berichte*, XXIII, p. 919, et XXIII, p. 1701, Zurich.)

Dans ces deux communications, Schall apporte quelques modifications à son appareil décrit *Berichte*, XXII, p. 140<sup>1</sup>; entre autres, au lieu de comparer le volume des vapeurs obtenues à un volume d'air, il le compare au volume de CO<sub>2</sub> obtenu par la décomposition d'un poids connu de bicarbonate de soude pur préalablement calciné. Sa méthode permet de prendre la densité de substances bouillant même à 500°. en chauffant à 360° sous pression réduite.

---

A. DE PLANTA. SUBSTANCES AZOTÉES DES RACINES DE *Stachys tuberosa*. (*Berichte*, XXIII, p. 1699, Zurich.)

L'auteur a reconnu la présence, en outre de substances albuminoïdes, de la glutamine et de la tyrosine, ainsi que d'une base précipitable par l'acide phosphorwolframique et qui pourrait être de la bétaine.

---

A. DE PLANTA et E. SCHULZE. SUR UN NOUVEL HYDRATE DE CARBONE CRISTALLISABLE. (*Berichte*, XXIII, p. 1692, Zurich.)

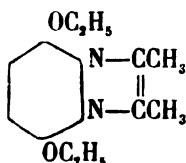
Ces chimistes ont extrait des racines de *Stachys tuberosa*

<sup>1</sup> *Archives*, XXI, 544.

un nouvel hydrate de carbone qu'ils nomment stachyose et auquel ils donnent la formule  $C_{18}H_{32}O_{16}$ ; il forme des tables asymétriques, est très soluble dans l'eau, réduit la liqueur de Fehling après inversion, il s'est alors produit de la galactose; l'acide nitrique le transforme en acide mucique.

R. NIETZKI et F. RECHBERG. ÉTHERS DE LA DIAMIDOHYDROQUINONE ET DE LA DIOXIQUINONE. (*Berichte*, XXIII, p. 1211, Bâle.)

Nietzki a précédemment obtenu, en partant de la diéthylhydroquinone, deux corps dinitrés qui, réduits, donnent deux amides qui peuvent être séparées, grâce à leur différente solubilité dans l'eau; la plus soluble, désignée par  $\alpha$ , est l'orthodiamine, avec laquelle l'auteur a préparé, par le dérivé diacétylé, la diéthoxydiméthylchinoxaline



Aiguilles jaunes fusibles à  $127^{\circ}$ . Avec le benzil et avec la phénanthrènequinone il se forme les chinoxalines  $C_{24}H_{22}N_2O_2$  et  $C_{24}H_{20}N_2O_2$ .

La moins soluble,  $\beta$ , renferme les groupes amidés dans la position para, et traitée par  $S_2Cl_2$  et HCl se transforme en diéthyltétraoxybenzol, aiguilles fusibles à  $138^{\circ}$ . L'auteur a encore préparé le tétréthyltétraoxybenzol  $C_{16}H_{20}O_4$ , feuilles fusibles à  $142^{\circ}$ , et la diéthyldioxyquinone, corps indifférent fusible au-dessus de  $300^{\circ}$ . Nietzki a reconnu que la dinitrodiméthylhydroquinone de Habermann est un mélange de deux isomères, dont l'une, réduite, donne une amine para, et l'autre de la série ortho. La p. diamine traitée par  $FeCl_3$  donne la diméthyldioxyquinone, identique à celle qu'on obtient directement en traitant le sel d'argent de la dioxiqui-

none par l'iodure de méthyl, ce qui prouve que dans cette dernière combinaison les groupes hydroxyles préexistent.

---

Ed. SCHÆR. RECHERCHES DE CHIMIE MÉDICALE, OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES. (*Arch. der Pharm.*, 228, p. 257, Zurich.)

L'auteur a trouvé que le seigle ergoté pouvait être très bien identifié, parmi les matières contenues dans l'estomac, en les traitant sous l'objectif par une dissolution concentrée d'hydrate de chloral, seulement ce réactif fait assez rapidement gonfler la cellulose, de sorte qu'au bout de peu de temps l'apparence de la préparation change complètement; il fait aussi observer que le suc gastrique agit sur le seigle ergoté, et que la coloration qui lui est propre, au lieu d'être localisée dans les cellules externes, se retrouve dans toute la masse. On peut aussi extraire la matière colorante par une dissolution d'hydrate de chloral ou par de l'alcool additionné d'acide sulfurique. Ces deux liquides prennent une coloration rouge cerise. La méthode Hoffmann-Kandel pour reconnaître le seigle ergoté est beaucoup améliorée si, avant d'extraire par l'éther, on ajoute une dissolution d'hydrate de chloral.

---

C. SCHALL et Chr. DRALLE. BRASILINE. (*Berichte*, XXIII, p. 1428, Zurich.)

Ces chimistes continuent à étudier la brasiline<sup>1</sup> et ses dérivés, ils ont préparé la dibrommonoacétylbrasiléine  $C_{16}H_9Br_2O_2C_2H_5O + 3/4H_2O$ , la dibromdiacétylbrasiléine, la dibromtriacétyl- et dibromtétracétylbrasiléine, la tribrombrasiléine et son dérivé tétracétylé. L'éther tétraméthylé de la brasiline existe sous deux formes, l'une amorphe, fusible à 82-86°, qui se transforme facilement dans la seconde, fusible à 139° et cristallisant bien, il en a été obtenu un dérivé dibromé et un dérivé monobromedibromé

<sup>1</sup> *Archives*, XXI, p. 159; XXII, p. 578.

$C_{10}H_7BrO(OCH_2)_4Br + C_2H_4O_2$ . Le nitrite de potasse n'agit pas sur l'éther tétraméthylé, mais bien sur la brasiline, on obtient la brasiléine; cette dernière réagit avec l'hydroxylamine et la phénylhydrazine.

---

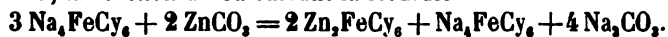
OTTO KYM.  $\beta$  TÉTRANAPHTYLURÉE. (*Berichte*, XXIII, p. 1340, Zurich.)

La  $\beta$  tétranaphtylurée  $CO(N[C_{10}H_7]_2)_2$ , a été obtenue en chauffant de la  $\beta$  dinaphtylamine avec le chlorure de la dinaphtylurée vers  $250^\circ$ . Elle forme des aiguilles fusibles à  $294^\circ$ - $295^\circ$ ; elle n'est pas identique avec celle de Kühn et Landau.

---

R. ZALOZIECKI. NOUVELLE MÉTHODE D'ANALYSE DES FERROCYANURES. (*Zeitschr. ang. Chem.*, 210, p. 14, Zurich.)

Navall et Sisson ont montré qu'on pouvait précipiter les ferrocyanures alcalins au moyen du carbonate de zinc et de l'acide carbonique, seulement le précipité renferme toujours un sel de soude, mais celui-ci peut être dosé par l'alcalimétrie; la réaction a lieu suivant la formule



Cette méthode peut être employée industriellement, elle est plus expéditive et meilleure que celles de Zalkowsky, Zeschhorn, de Haën et Bohlrig.

---

G. LUNGE. RÉDUCTION DE L'ACIDE SULFURIQUE NITROSÉ PAR LE COKE. (*Zeitschr. ang. Chem.*, 90, p. 193, Zurich.)

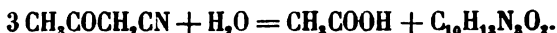
Lunge et E. Ruboff ont constaté que le coke à la température ordinaire agit sur  $N_2O_5$ , il se forme  $CO$ , et  $NO$  et peut-être encore d'autres gaz; l'action augmente avec l'élévation de la température, elle est plus considérable avec du coke tendre qu'avec du coke dur. A  $40^\circ$ , en deux heures, la quantité de  $N_2O_5$  a été diminuée de 3,5—4,5 %; la réduction est très forte (28 %) au-dessus de  $70^\circ$ , température qui, si elle

ne se rencontre pas dans les tours de Gay-Lussac, peut très bien se trouver dans la partie supérieure de la tour de Glover.

---

A. HANTZSCH. CYANACÉTONE. (*Berichte*, XXIII, p. 1472, Zurich.)

D'après Glutz, il se formerait de la cyanacétone par l'action du cyanure de potassium sur la chloracétone, Hantzsch affirme que le corps qui prend naissance a pour formule  $C_{10}H_{13}N_3O_2$  et fond à  $176^\circ$ . La réaction serait



Si on exclut l'eau de la réaction et qu'on emploie de l'alcool, on obtient une huile bouillant vers  $120^\circ$ , comme le corps appelé cyanacétone par Mathews et Hodgkinson.

---

A. HANTZSCH. NOUVEAU PROCÉDÉ POUR OBTENIR DES DÉRIVÉS DU PYRROL. (*Berichte*, XXIII, p. 1474, Zurich.)

Si on ajoute graduellement de l'ammoniaque en excès à un mélange à molécules égales de chloracétone et d'éther acétacétique, la solution, claire d'abord, s'échauffe, et il s'en sépare une huile qui est en partie soluble dans l'acide chlorhydrique, ce qui ne l'est pas cristallise et est l'éther de l'acide 2. 5. diméthylpyrrolcarbonique; il est probable qu'il se forme d'abord l'éther de l'acide amidocrotonique, qui se condense avec de la chloracétone.

---

# COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

---

*Séance du 3 juillet 1890.*

Dan. Colladon. Trombe d'eau ascendante. — V. Fatio. Présentation du volume de M. Th. Studer sur le voyage d'exploration de la « Gazelle » 1874-76. — A. Wartmann. Coup de foudre.

M. le prof. COLLADON lit une notice<sup>1</sup> sur une *trombe d'eau ascendante* qui se produit dans certaines conditions spéciales au-dessus du barrage à rideau du bras droit du Rhône, lorsque celui-ci est fermé au milieu et ouvert à ses deux extrémités.

M. Victor FATIO présente, au nom de M. le prof. Th. Studer de Berne, le beau volume que ce savant vient de publier sur le *Voyage d'exploration de la « Gazelle »* pendant les années 1874-76, zoologie et géologie, et fait un exposé des matières contenues dans cet ouvrage<sup>2</sup>.

M. Aug. WARTMANN décrit un coup de foudre qu'il a observé près de Versoix, le 1<sup>er</sup> juillet.

<sup>1</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIV, p. 97.

<sup>2</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIV, p. 72.

*Séance du 7 août.*

Président. Mort d'Alphonse Favre. — Paul Juillard. Huiles pour rouge turc. — L. Duparc et P. Piccinelli. Nouvelle étude sur la serpentine du Geisspfad, vallée de Binn. — R. Chodat. Présence et formes de l'hématoxyline dans *Hæmatoxylon campechianum*.

*M. le Président* se fait l'organe des regrets profonds causés au sein de la Société par la mort d'un de ses membres les plus distingués, Alphonse Favre, survenue le 11 juillet dernier. Il retrace en quelques mots la carrière scientifique si féconde de l'éminent géologue dont la perte a été ressentie bien vivement non seulement à Genève mais dans tout le monde savant.

*M. Paul JUILLARD* expose ses recherches sur les *huiles pour rouge turc*<sup>1</sup>.

*M. L. DUPARC* rend compte d'une nouvelle étude qu'il vient de faire avec *M. PICCINELLI* de la *serpentine du Geisspfad*, dans la vallée de Binn, Valais<sup>2</sup>.

*M. R. CHODAT* parle de l'*Hæmatoxylon campechianum*, autrement dit *Bois de campêche*. Les rameaux florifères et folli-fères sont complètement dépourvus de la matière colorante qui imprègne le bois du tronc. Le bois de ces branches minces est par contre riche en vanilline et en coniférine, ainsi qu'on peut s'en assurer par les réactifs. L'étude microchimique des branches et du tronc, à des âges différents, pourrait peut-être jeter un jour nouveau sur la formation de cette matière colorante si importante. Dans la moelle des branches examinées il y a beaucoup de tannin.

<sup>1</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIV, p. 134.

<sup>2</sup> *Archives des sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIV, p. 260.

*Séance du 4 septembre.*

Ch.-Eug. Guye. Conditions de sensibilité des bolomètres. — C. de Candolle. Inflorescences épiphylls. — Phil. Guye. Relations entre la dissymétrie de la molécule et le pouvoir rotatoire des composés actifs du carbone. — Dr Hipp. Gosse. Observations sur les orages.

M. Ch.-Eug. GUYE présente les premiers résultats d'une *étude théorique sur les conditions de sensibilité des bolomètres*. En combinant la loi de Joules avec les équations générales du pont de Wheatstone déduites des lois de Kirchhoff, on obtient une relation qui donne l'intensité du courant dans la branche du galvanomètre, en fonction des principaux éléments de construction du bolomètre.

M. C. DE CANDOLLE lit un travail sur les *inflorescences épiphylls* qui se produisent chez un petit nombre de Dicotylédones. Ce mode d'insertion de l'inflorescence a été, jusqu'ici, considéré comme une apparence résultant de la soudure congénitale d'une feuille avec une inflorescence. Mais cette opinion théorique n'est, en général, motivée par aucune observation directe, à l'exception toutefois du cas de l'*Helwingia japonica*. Payer, qui a étudié le développement de cette plante, affirme que son inflorescence naît libre à l'aisselle de la feuille et que ce n'est que plus tard qu'elle devient connée avec elle par suite d'une accrescence de la portion de l'axe sur laquelle sont insérées les bases de ces deux organes. Selon M. de Candolle qui a aussi suivi cette évolution sur une plante vivante, l'inflorescence n'est au contraire jamais libre. Elle résulte d'une tuméfaction de la base de la feuille elle-même et représente un surcroît de développement de la face supérieure de cette feuille. Il est arrivé à la même conclusion en ce qui concerne la formation de l'inflorescence du *Phyllonoma laticuspis* qu'il a réussi à étudier sur des échantillons d'herbier. Enfin la structure anatomique



des feuilles munies d'inflorescences des deux espèces précédentes ainsi que des *Chaillétiacées*, *Polycardia* et *Begonia* lui a aussi fourni la preuve que les inflorescences épiphylls de ces plantes sont réellement des productions de la feuille et nullement les résultats d'une accrescence de l'axe.

M. Ph.-A. GUYE rend compte des relations qui peuvent exister entre la *dissymétrie de la molécule et le pouvoir rotatoire des composés actifs du carbone*. Il fait voir, entre autres résultats, que, pour un grand nombre de dérivés, les changements de signe du pouvoir rotatoire se produisent toutes les fois que le centre de gravité de la molécule se déplace de part et d'autre de l'un des plans primitifs de symétrie du carbone asymétrique figuré par un tétraèdre.

M. le Dr GOSSE communique un résumé des observations que depuis 1877 il a faites *sur les orages*. Le plus grand nombre d'entre eux ont été examinés depuis sa campagne (Altit. 650 m.), à Mornex près du Mont Salève, d'où l'on jouit d'un horizon assez étendu. Il signale la correspondance de deux éclairs se produisant aux deux points de contact des nuages avec les montagnes des deux côtés de la vallée, correspondance que l'on peut constater parce que les éclairs reparaissent à ces points à des intervalles égaux. L'intervalle entre les deux éclairs est quelquefois assez grand, ainsi le 13 juillet 1885 entre le Jura et les Voirons il était de 21 secondes. — En général la décharge n'a pas lieu entre le nuage et la plaine à moins qu'il n'y ait une colonne de pluie. L'on remarque assez souvent des décharges entre deux couches de nuages se dirigeant dans des directions différentes, ainsi, le 29 juillet 1890 (orage sur le Jura : direction Faucille, la couche inférieure allait du SO-NE, la supérieure du NE-SO). — *Dans l'orage du 19 août 1890* la couche inférieure des nuages marchait du SO au NE et la supérieure paraissait se diriger de l'O à l'E. L'orage lui-même suivait la direction de la couche inférieure. Le nombre des décharges électriques était considérable dans certains moments. Ainsi de 7 h. 55 à 8 h. l'on a compté 314 éclairs dans la direc-

tion du Colombier. L'observation des points de l'horizon où se produisaient les éclairs a été notée en désignant comme points atteints par l'orage, St-Claude et le Sentier-Brassus. L'intervalle entre les éclairs aperçus à ces deux points était de 3 et 4 secondes. De 8 h. 15 à 8 h. 35 l'on a compté 309 éclairs dans la direction du Colombier et 317 dans la direction du Brassus. La direction des éclairs est le plus souvent rectiligne (comme direction générale), et souvent inclinée suivant la direction du vent. Le 19 août l'on a remarqué dans la direction de St-Claude entre les deux couches de nuages deux éclairs à 8 h. 2 et 8 h. 7, ayant la forme d'un C, l'on a pu déduire de là qu'à cet endroit il y avait un tourbillon.

*Séance du 2 octobre 1890.*

W. Marcet. Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration humaine. — M. Micheli. Cas de fructification clandestine d'une Malvacée. — Eug. Penard. Chlorophylle chez les animaux. — L. Duparc. Protygne des Alpes de la Savoie. — E. Sarasin. Observation du spectre du Brocken et du cercle d'Ulloa. — E. Sarasin. Glissement de pierres sur les pentes des montagnes. — E. Sarasin. Recul du glacier d'Aletsch.

M. le Dr W. MARCET expose ses *Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration humaine*<sup>1</sup>.

1° Les expériences sur M. Alderwood montrent qu'un abaissement de température local est accompagné d'une légère réduction dans le volume d'air respiré pour 1 gr. d'acide carbonique expiré.

2° L'influence de la nourriture sur la formation de l'acide carbonique dans le corps commence dans le cours de la première heure après le repas et augmente pendant deux ou

<sup>1</sup> Ce travail sera reproduit *in extenso* dans un des prochains numéros des *Archives*.

trois heures, la période correspondante au maximum de l'acide carbonique expiré variant pendant ce temps.

3° L'influence de la nourriture sur les volumes d'air nécessaires à la formation et à l'aspiration d'un certain poids d'acide carbonique se voit clairement. Les volumes suivent plus ou moins les fluctuations de l'acide carbonique; mais lorsque un certain temps s'est écoulé, après un repas, l'air carbonique expiré présente une tendance notable à s'abaisser plus rapidement que les volumes d'air diminuent. — Le parallélisme des tracés paraît cependant se retrouver et avant le premier déjeuner.

4° Les variations des pressions barométriques locales ont une influence marquée sur la respiration, cette fonction demandant un volume plus faible d'air (réduit à 0° et 760 mm.) pour la formation dans le corps et l'émission d'un certain poids d'acide carbonique sous les pressions relativement basses que sous les pressions plus élevées, mais le degré de cette influence varie suivant les individus. Dans les recherches actuelles, pour deux personnes soumises à l'expérience, un abaissement de pression atmosphérique de 10 mm. fut accompagné d'une réduction moyenne de volume dans l'air respiré (pour l'expiration de 1 gr. d'acide carbonique) de 0,095 litre dans un cas, et de 0,179 dans l'autre.

5° L'influence de la pression atmosphérique sur les volumes d'air respiré paraît moins marquée de 2 à 4 heures de temps après un repas, lorsque l'effet de la digestion peut être considéré à son maximum, mais ce résultat demande à être confirmé par de nouvelles expériences.

Les recherches décrites dans ce mémoire montrent bien positivement que différentes personnes respirent différents volumes d'air pour fournir au corps l'oxygène nécessaire à la combustion et à l'émission d'un poids donné d'acide carbonique. Deux personnes en expériences demandèrent en moyenne 9,29 et 10,51 litres et une troisième 11,30 litres d'air pour l'expiration de 1 gramme d'acide carbonique, et je pourrais fournir, au besoin, beaucoup d'autres chiffres résultant d'expériences semblables. Sans doute, moins le volume d'air respiré est grand pour fournir l'oxygène destiné à un degré de combustion donné dans l'économie, plus est grande

la rapidité avec laquelle l'oxygène se rend dans le sang au travers des poumons et par conséquent plus les conditions dans lesquelles s'exerce la fonction respiratoire sont bonnes. Celui qui demandait seulement 9,29 litres d'air pour expirer 1 gr. CO<sub>2</sub>, pouvait se flatter d'avoir ses fonctions respiratoires dans un bien meilleur état que celui qui demandait 11,30 litres d'air; en effet le premier avait vingt-trois ans et le second en avait soixante.

M. MICHELI signale un cas intéressant de *cleistogamie* chez le *Pavonia hastata*. Cette Malvacée, originaire d'Australie, produit pendant la première moitié de l'été des graines fertiles dans des calices absolument clos. Depuis le mois de septembre elle épanouit de grandes fleurs roses, qui donnent également des graines fertiles.

M. PENARD donne les résultats des observations qu'il a faites *sur la présence de la Chlorophylle dans les animaux*. Il a trouvé des corps chlorophylliens (*Zoochlorella*) dans les groupes suivants : Rhizopodes (*Diffugia pyriformis*, *globulosa*, *amphora*, etc., *Hyalosphenia papilio*), Héliozoaires (*Actinophrys sol*, *Acanthocystis turfacea*, *Acanthocystis*....), Infusoires (*Halteria*, *Coleps*, *Vorticelle*), Hydroïdes (*Hydra*), Turbellariés (*Vortex*), Rotifères (*Ascomorpha*). Partout ces corps sont identiques et ne rappellent en rien les corpuscules chlorophylliens des végétaux supérieurs; ils semblent par leur forme comme par leur mode de multiplication avoir une grande ressemblance avec les Palmellacées, aussi M. Penard serait-il disposé à adopter l'opinion de Entz, qui considère les *Zoochlorella* comme devant rentrer dans cette famille.

M. Penard a constaté également que la chlorophylle est toujours logée dans les couches corticales de l'animal qui l'héberge, qu'elle reste très longtemps en parfaite santé dans un animal (*rhizopode*) retiré au fond de sa coque et n'ayant plus de rapport avec l'extérieur, et qu'elle se trouve parfois en compagnie d'algues parfaitement connues (*scenedesmus*) vivant comme elle dans le plasma animal. Enfin M. Penard cite des expériences de différents observateurs,

qui ont cultivé la *zoochlorella* ou en ont infecté des infusoires, et conclut comme Brandt à l'absence complète de chlorophylle de formation endogène dans le règne animal.

M. DUPARC fait la communication suivante :

Le vrai granit, comme on le sait, est relativement plus rare qu'on ne se le figure généralement dans les Alpes suisses et savoisiennes. Dans la majeure partie des cas, au Mont-Blanc par exemple, il est remplacé par la protogyne, roche sur laquelle on a déjà beaucoup discuté avec des appréciations fort différentes. Pour les uns elle est franchement éruptive, pour d'autres ce n'est qu'un gneiss particulier.

Récemment M. Michel Lévy a publié un mémoire fort intéressant sur la pétrographie du Mont-Blanc, mémoire qui jette un jour tout particulier sur la question de la protogyne. Cette roche doit décidément rentrer dans la catégorie des produits franchement éruptifs; cette origine est surabondamment prouvée par M. Michel Lévy soit par les injections dans les schistes encaissants, soit par les fragments bréchiformes de roches étrangères inclus dans l'intérieur de la protogyne, qui, d'après lui, doivent être considérés comme tels, et non pas comme des concentrations d'éléments plus basiques au sein de la protogyne, comme le pense M. Rosenbusch.

Ces fragments bréchiformes avaient déjà depuis longtemps attiré mon attention avant que j'eusse connaissance du mémoire de M. Michel Lévy, qui me paraît du reste être absolument dans le vrai concernant ces blocs étrangers.

Sans s'éloigner beaucoup de Genève, au mont Gosse et dans les environs, par exemple, on trouve de très nombreux blocs de protogyne erratique dont on exploite malheureusement un trop grand nombre. Presque toutes ces protogynes renferment des blocs étrangers inclus de toutes dimensions. Tantôt compactes et de structure finement grenue, tantôt schisteux, ces blocs tranchent nettement sur la protogyne environnante; dans leur intérieur on remarque fréquemment des inclusions macroscopiques quartz ou feldspath. Leur contour, au contact immédiat de la protogyne, est en général modifié, le contact est fortement micacé.

Dans plusieurs cas, la protogyne environnante m'a paru différer un peu de son facies habituel. Elle possède un grain plus grossier et se fait remarquer surtout par le beau développement du feldspath. Sans vouloir m'étendre pour le moment sur ce sujet, j'ai, en collaboration de M. S. Mrazec, entrepris une série de recherches chimiques et autres sur ces fragments, dans le but de démontrer leur origine étrangère et l'impossibilité d'y voir une concentration d'éléments plus basiques. Bien que fort incomplets, nos résultats semblent se prononcer déjà en faveur de la première manière de voir.

Nous espérons donc continuer ces recherches sur les fragments étrangers inclus dans la protogyne erratique du mont Gosse, et pouvoir plus tard entretenir la Société du résultat final de ces recherches.

M. E. SARASIN dit avoir fait, le 25 septembre dernier, de Bellalp, au-dessus de Brigue, Valais, en compagnie de M. le prof. Tyndall, une très belle observation du *spectre du Brocken paraissant simultanément avec le cercle d'Ulloa* ou arc-en-ciel blanc. A 4  $\frac{3}{4}$  heures du soir, peu avant de disparaître derrière les montagnes qui entourent Bellalp, le soleil brillait d'un vif éclat dans un ciel sans nuages, tandis qu'au-dessous des observateurs, à une petite distance, la mer de brouillards recouvrait la vallée du Rhône et le glacier d'Aletsch. A ce moment, le spectre du Brocken se montra avec une netteté tout à fait exceptionnelle, les ombres juxtaposées de trois personnes reproduisant tous leurs gestes et entourées de couronnes irisées; puis, presque immédiatement après, les nuages s'étant encore un peu élevés, le phénomène se compléta par l'apparition également très nette du cercle d'Ulloa, et le brillant météore subsista sous cette forme complète et très rare pendant plusieurs minutes. Une mesure approximative donna pour l'arc-en-ciel blanc un angle de 40° environ, conformément aux indications de Bouguer et d'Ulloa.

M. SARASIN attire ensuite l'attention sur un fait que lui a fait observer M. Tyndall pendant ce même séjour à Bellalp, le *déplacement lent des grosses pierres plantées dans la terre*

*végétale des pâturages des hautes montagnes.* Ces blocs, en apparence solidement plantés et immobiles dans la terre des prairies en pentes fortement inclinées, ne le sont point cependant. Si on les observe de près, on constate fréquemment qu'ils se trouvent au bas d'un sillon très nettement marqué, suivant la plus grande pente, sur une longueur de plusieurs mètres, et qu'ils sont entourés à leur base du côté d'aval par un bourrelet de terre, portion de celle qui a été extraite du sillon et poussée devant lui par le bloc. Il ne s'agit toutefois que d'un mouvement en quelque sorte infinitésimal, quelques millimètres par année, car le gazon de la prairie ne présente aucune bande de dénudement, même très étroite, derrière la pierre. C'est probablement pendant l'époque du dégel au printemps, et lorsqu'il rend plus meuble la terre qui retient le bloc, que se produit ce mouvement sous l'action de la pesanteur. Dans certains endroits, on peut observer un véritable torrent de blocs. Le phénomène constaté par M. Tyndall est certainement digne d'intérêt et mérite d'être étudié de plus près par les géologues.

M. SARASIN donne encore quelques renseignements qu'il a pu recueillir à Bellalp sur le *recul du glacier d'Aletsch*. D'après ces renseignements, puisés auprès de personnes dignes de confiance, et contrairement à ce qui se passe actuellement pour plusieurs glaciers de Suisse et de Savoie, le glacier d'Aletsch décroît encore très notablement à sa partie inférieure, et continue même à s'abaisser dans sa partie médiane. S'il y a exhaussement dans la partie supérieure, comme on est enclin à le penser par analogie avec ce qui se passe ailleurs, il n'a pu encore, paraît-il, être constaté. Cette différence avec d'autres glaciers doit tenir à la grandeur et à la faible pente de l'Aletsch.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

SEPTEMBRE 1890

---

- Le 1<sup>er</sup>, neige sur le Jura; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.  
2, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.  
3, forte rosée le matin; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.  
4, très forte rosée le matin; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.  
5, très forte rosée le matin; forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir.  
6, très forte rosée le matin; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.  
7, forte rosée le matin.  
8, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.  
9, forte rosée le matin.  
10, très forte rosée le matin.  
11, très forte rosée le matin et le soir.  
12, très forte rosée le matin.  
13, forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.  
16, très forte rosée le matin et le soir.  
17 et 18, forte rosée le matin.  
20, brouillard à 7 h. du matin.  
22, éclairs à l'W., puis au NW. depuis 9 h. du soir.  
23, de 5 h. 20 m. à 6 h. du matin, éclairs et tonnerres à l'W.; courtes et fortes  
averses.  
26, forte bise à 4 h. du soir.  
27, très forte rosée le soir.  
28, brouillard de terre à 7 h. du soir; très forte rosée le soir.  
29 et 30, très forte rosée le matin et le soir.



*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
Le 1 <sup>er</sup> à 11 h. soir.....	732,04	Le 2 à 4 h. soir.....	730,62
4 à 9 h. soir.....	733,31	5 à 3 h. soir.....	730,99
7 à 6 h. matin.....	733,22	9 à 6 h. soir.....	730,39
11 à 7 h. matin.....	733,01	13 à 4 h. soir.....	727,18
14 à 9 h. matin.....	730,81	16 à 6 h. soir.....	726,54
19 à 3 h. matin.....	730,35	22 à 6 h. soir.....	724,98
27 à 1 h. matin.....	738,42	29 à 5 h. soir.....	730,40
30 à 8 h. matin.....	732,81		

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige.		Vent dominant.	Vitesse des roses.		Temp. du Rhodé.		Luminomètre à 11 h.
	Haut. moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d.		Mid.	Écart avec la temp. normale.			
1	730.12	-2.36	728.87	732.04	-9.04	-6.95	6.7	13.2	799	+58	580	930	1.9	4	NNE.	1.00	15.2	-3.4	182.0	
2	731.27	3.53	730.62	731.66	-11.89	-4.89	8.6	15.2	381	-163	420	770	...	...	NNE.	0.37	15.5	-2.7	184.7	
3	731.61	3.89	731.11	732.09	-11.73	-4.64	6.9	15.9	690	-57	530	810	...	...	NNE.	1.32	16.2	-2.0	181.0	
4	732.49	4.79	731.90	733.34	-12.56	-3.69	6.9	16.9	664	-85	450	880	...	...	NNE.	1.03	16.6	-1.5	175.9	
5	731.69	4.01	730.99	732.68	-14.48	-1.65	7.9	17.9	650	-102	500	770	...	...	NNE.	2.15	16.3	-1.7	171.5	
6	732.20	4.55	731.58	733.10	-15.11	-0.91	9.2	19.7	625	-129	370	790	...	...	NNE.	1.03	16.4	-1.6	169.7	
7	732.46	4.83	731.56	733.22	-15.34	-0.55	9.0	20.6	670	-87	310	770	...	...	NNE.	1.00	...	...	162.0	
8	731.84	4.24	731.05	732.43	-13.88	-1.89	11.6	17.1	682	-77	530	780	...	...	NNE.	2.18	16.4	-1.4	151.0	
9	731.62	4.04	730.39	732.83	-13.67	-1.97	7.8	19.0	631	-131	390	820	...	...	NNE.	1.02	16.5	-1.3	157.0	
10	731.90	4.35	730.75	732.95	-14.31	-1.18	7.7	19.1	639	-105	500	881	...	...	NNE.	1.07	16.3	-1.4	151.5	
11	732.09	4.57	730.92	733.01	-16.30	-0.91	8.2	25.1	731	-33	470	910	...	...	S.	1.00	16.6	-0.9	144.9	
12	730.06	2.57	728.57	731.45	-15.94	-0.69	8.8	21.2	741	-28	590	900	...	...	NNE.	1.04	16.6	-0.4	143.0	
13	728.40	0.94	727.18	729.53	-13.97	-1.15	10.8	17.9	656	-116	550	730	...	...	NNE.	1.04	17.1	-0.4	143.0	
14	729.94	2.51	728.84	730.81	-12.35	-2.63	8.3	16.7	721	-33	660	840	...	...	NNE.	1.07	...	...	141.0	
15	729.39	1.99	727.76	730.74	-12.49	-2.36	6.8	17.5	765	-41	590	881	...	...	SW.	1.50	16.3	-1.0	144.0	
16	727.83	0.56	726.54	728.95	-12.84	-1.87	7.3	18.0	791	-12	620	910	...	...	N.	1.08	16.4	-0.8	149.5	
17	728.86	1.52	728.03	729.96	-15.54	-0.02	8.6	19.4	796	-15	640	890	...	...	N.	1.04	16.7	-0.4	136.5	
18	729.75	2.44	728.76	730.29	-15.54	-1.12	8.1	23.9	693	-90	390	910	3.3	4	N.	1.07	16.8	-0.2	137.0	
19	729.48	2.21	728.31	730.35	-15.25	-0.97	12.8	18.8	826	-41	680	920	1.3	2	N.	0.95	16.8	-0.1	138.0	
20	728.05	0.81	727.74	728.53	-15.17	-1.04	12.4	18.3	843	-36	610	970	...	...	variable	0.98	17.0	+0.2	139.0	
21	727.30	0.09	725.85	728.75	-14.53	-0.55	12.8	18.3	890	-100	740	950	3.3	40	variable	1.00	...	...	139.0	
22	726.07	-1.41	724.98	727.66	-13.37	-0.46	10.9	17.8	956	-164	930	970	2.5	4	S.	0.80	16.7	+0.1	138.0	
23	729.11	1.97	725.36	732.23	-14.57	-0.89	11.6	17.8	927	-133	840	980	27.5	9	E.	0.98	16.5	0.0	140.2	
24	733.47	6.36	732.35	734.59	-12.96	-0.56	11.0	14.7	909	-114	850	980	25.1	17	W.	1.00	16.0	-0.4	141.5	
25	736.08	9.01	734.81	737.98	-13.39	-0.22	11.0	16.6	850	-33	760	980	...	...	NNE.	1.08	15.9	-0.4	145.8	
26	737.72	-10.68	737.16	738.38	-14.23	-1.02	10.1	18.4	733	-46	570	920	...	...	NNE.	1.04	16.0	-0.2	147.0	
27	737.35	-10.37	736.16	738.42	-13.14	-0.09	7.4	18.0	831	-30	600	960	...	...	N.	0.22	15.8	-0.3	147.5	
28	733.83	-6.86	732.48	736.25	-12.93	-0.04	7.4	20.8	889	-86	710	970	...	...	N.	0.00	16.3	...	149.0	
29	731.79	-4.86	730.40	733.02	-13.71	-0.98	7.1	19.2	836	-32	700	930	...	...	N.	0.28	16.5	+0.4	148.5	
30	731.75	-4.85	730.66	732.81	-14.87	-2.30	9.0	22.5	835	-49	690	950	...	...	N.	...	...	...	...	
Mois	731.49	+3.56			-13.83	-0.83			764	-6						0.41	16.17	-0.60	152.02	

## MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 731.60	<sup>mm</sup> 731.50	<sup>mm</sup> 731.93	<sup>mm</sup> 732.11	<sup>mm</sup> 731.57	<sup>mm</sup> 731.23	<sup>mm</sup> 731.66	<sup>mm</sup> 732.15
2 <sup>e</sup> »	729.75	729.60	730.02	730.03	729.16	728.46	728.69	729.37
3 <sup>e</sup> »	732.35	732.23	732.86	733.13	732.46	731.81	732.17	732.58
Mois	731.23	731.11	731.60	731.76	731.06	730.50	730.84	731.36

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	+11.19 <sup>o</sup>	+9.77 <sup>o</sup>	+10.64 <sup>o</sup>	+14.05 <sup>o</sup>	+16.21 <sup>o</sup>	+17.07 <sup>o</sup>	+14.67 <sup>o</sup>	+12.51 <sup>o</sup>
2 <sup>e</sup> »	+11.28	+10.27	+11.52	+15.90	+18.51	+18.58	+16.02	+13.43
3 <sup>e</sup> »	+11.88	+11.26	+11.59	+15.08	+16.60	+16.70	+14.53	+12.69
Mois	+11.45	+10.44	+11.25	+15.01	+17.11	+17.45	+15.07	+12.88

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	758	790	781	642	526	510	594	720
2 <sup>e</sup> »	853	867	864	697	604	615	718	835
3 <sup>e</sup> »	930	931	929	832	785	772	853	925
Mois	847	863	858	724	638	632	722	827

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Luminosité
1 <sup>re</sup> décade	+8.23 <sup>o</sup>	+17.46 <sup>o</sup>	+16.16 <sup>o</sup>	0.22	<sup>mm</sup> 1.9	<sup>cm</sup> 169.43
2 <sup>e</sup> »	+9.21	+19.73	+16.71	0.42	4.6	141.99
3 <sup>e</sup> »	+9.89	+18.41	+16.21	0.58	58.4	144.65
Mois	+9.11	+18.53	+16.47	0.41	64.9	152.02

Dans ce mois l'air a été calme 34,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 14,25 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 26°,5, E. et son intensité est égale à 47,3 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1890.

- Le 1<sup>er</sup> forte bise jusqu'à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; neige jusqu'à 7 h. du matin; brouillard depuis 7 h. du soir.
- 2, brouillard depuis 1 h. du soir.
- 3, brouillard depuis 4 h. du soir.
- 4, forte bise de 1 h. à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
- 5, brouillard depuis 7 h. du soir.
- 7, brouillard à 7 h. du soir.
- 9, forte bise de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
- 11, brouillard depuis 7 h. du soir.
- 13, brouillard depuis 10 h. du soir.
- 14, brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.
- 15, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
- 16, brouillard depuis 7 h. du soir.
- 17, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
- 18, brouillard jusqu'à 7 h. du matin et depuis 10 h. du soir.
- 19, neige à 7 h. du matin, puis brouillard; fort vent à 10 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir.
- 20, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; légère pluie à 1 h. du soir.
- 21, fort vent jusqu'à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir; pluie à 7 h. du matin et 1 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
- 22, brouillard par un fort vent pendant tout le jour.
- 23, brouillard jusqu'à 10 h. du matin, puis pluie; fort vent jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
- 24, fort vent jusqu'à 7 h. du matin; neige à 7 h. du matin; pluie de 10 h. du matin à 7 h. du soir; brouillard depuis 10 h. du soir.
- 25, brouillard jusqu'à 7 h. du matin, à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; neige à 1 h. du soir, pluie à 7 h. du soir.
- 26, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 7 à 11 h. matin .....	571,64	Le 1 <sup>er</sup> à 4 h. matin .....	561,60
10 à 11 h. soir .....	572,38	9 à 3 h. matin .....	569,27
13 à minuit .....	569,05	13 à 4 h. soir .....	565,90
19 à 11 h. soir .....	569,92	15 à 5 h. soir .....	567,00
• 27 à 10 h. soir .....	575,72	20 à 7 h. matin .....	568,30
30 à midi .....	573,20	29 à 4 h. soir .....	571,95

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.			Pluie ou neige.			Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum observé au barographe.	Maximum observé au barographe.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la pluie ou neige.	Eau tombée dans les 24 h.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.		
1	563.63	- 4.52	561.60	565.00	3.90	- 8.98	- 5.2	1.4	30	8,0	NE.	0.87
2	566.54	- 1.36	565.86	567.33	3.16	- 8.15	- 6.3	1.2	...	...	NE.	0.82
3	567.19	- 0.55	566.77	568.21	0.98	- 5.88	- 4.4	2.2	...	...	NE.	0.83
4	568.14	0.46	567.62	569.42	0.65	- 5.46	- 3.4	2.7	...	...	NE.	0.35
5	569.02	1.10	568.19	569.52	4.42	- 3.30	- 3.1	4.8	...	...	NE.	0.37
6	570.11	2.25	569.03	570.98	3.39	- 1.23	0.0	6.4	...	...	NE.	0.07
7	571.21	3.42	570.63	571.64	5.44	0.92	2.8	8.4	...	...	NE.	0.28
8	570.17	2.45	569.64	571.06	5.02	0.60	2.7	7.8	...	...	NE.	0.07
9	569.94	2.29	569.27	570.50	4.85	0.53	2.9	7.6	...	...	NE.	0.07
10	571.35	3.77	570.31	572.38	5.04	0.83	2.2	8.6	...	...	NE.	0.03
11	571.77	4.26	571.22	572.31	5.67	1.57	2.2	8.0	...	...	NE.	0.38
12	570.13	2.69	568.90	571.08	4.27	0.86	4.8	7.5	...	...	NE.	0.30
13	567.96	0.41	568.90	568.75	4.27	0.39	2.0	7.9	...	...	NE.	0.23
14	568.26	0.96	567.14	568.98	3.79	0.03	0.5	6.2	...	...	NE.	0.43
15	567.92	0.70	567.00	569.05	2.97	- 0.67	0.5	5.5	...	...	NE.	0.47
16	567.34	0.20	567.10	567.90	3.87	0.35	1.2	6.2	...	...	NE.	0.80
17	568.88	1.82	567.90	569.72	2.80	- 0.60	0.9	5.0	...	...	SW.	0.83
18	569.67	2.69	569.44	569.87	2.17	- 1.40	0.0	4.5	...	...	SW.	0.72
19	569.36	2.46	568.35	569.92	0.45	- 2.70	0.0	2.7	...	...	SW.	1.00
20	569.07	2.25	568.30	569.85	1.57	- 1.45	4.0	3.2	...	...	SW.	1.00
21	568.82	2.08	568.62	569.20	1.70	- 1.19	1.0	4.0	...	...	SW.	1.00
22	568.86	3.26	567.70	569.28	3.55	0.79	2.0	4.8	...	...	SW.	1.00
23	569.82	4.21	568.68	571.05	3.27	0.64	2.8	5.2	...	...	SW.	1.00
24	570.84	4.36	570.06	571.44	1.67	- 0.83	0.6	3.2	8,0	...	SW.	1.00
25	572.08	5.68	571.06	573.20	0.84	- 4.52	0.4	3.0	5,0	...	NE.	0.88
26	571.23	7.92	572.85	575.65	3.20	0.98	1.6	6.3	2,0	...	NE.	0.23
27	575.57	9.35	575.00	575.72	8.60	6.52	3.0	11.5	...	...	SW.	0.02
28	573.94	7.81	572.90	575.60	8.04	6.40	4.9	10.8	...	...	NE.	0.02
29	572.29	6.25	571.95	572.75	7.82	6.02	4.8	11.5	...	...	SW.	0.08
30	572.67	6.72	572.12	573.20	7.24	5.58	4.1	10.6	...	...	NE.	0.23
Mois.	569.89	+ 2.44			+ 3.16	- 0.16						0.49

## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	568,30	568,06	568,32	568,67	568,97	569,19	569,34	569,47
2 <sup>e</sup> » ...	569,20	568,80	568,78	569,01	569,02	568,85	568,98	569,09
3 <sup>e</sup> » ...	571,72	571,53	571,65	572,14	571,99	571,92	572,09	572,27
Mois .....	569,74	569,46	569,58	569,94	569,99	569,99	570,14	570,28

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	— 0,35	+ 2,69	+ 4,00	+ 2,87	+ 1,34	+ 1,31
2 <sup>e</sup> » ...	+ 2,34	+ 3,78	+ 4,76	+ 4,34	+ 3,27	+ 2,94
3 <sup>e</sup> » ...	+ 3,32	+ 5,62	+ 6,18	+ 5,59	+ 4,69	+ 4,14
Mois .....	+ 4,77	+ 4,03	+ 4,98	+ 4,27	+ 3,10	+ 2,80

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	°	°		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	— 1,18	+ 4,59	0,35	8,0	30
2 <sup>e</sup> » ...	+ 1,04	+ 5,67	0,59	—	—
3 <sup>e</sup> » ...	+ 2,20	+ 7,09	0,55	15,0	—
Mois .....	+ 0,68	+ 5,78	0,49	23,0	30

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,52 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 24,4 sur 100.

DES  
MOUVEMENTS PÉRIODIQUES DU SOL

ACCUSÉS PAR DES NIVEAUX A BULLE D'AIR

(Douzième année)

PAR

M. Ph. PLANTAMOUR

---

Avec la planche IV.

---

J'ai continué encore cette année <sup>1</sup> les observations des niveaux. L'un des deux niveaux orienté jusqu'en 1886 du Sud au Nord et qui avait été placé en octobre 1886 plus près du milieu de la maison dans la direction Est-Ouest pour comparer sa marche avec l'autre niveau Est-Ouest situé près du mur extérieur, a été réintégré dans sa place primitive et orienté du Sud au Nord comme avant. Il s'est comporté en tous points comme pendant les huit premières années : c'est-à-dire que les mouvements oscillatoires du sol ont moins d'amplitude que de

<sup>1</sup> Voyez pour les années précédentes *Archives des sciences phys. et nat.*, 1889, t. XXII, p. 481.



Variation d'inclinaison du côté Est évaluées en secondes d'arc.  
Octobre 1889 à Septembre 1890.

Date.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
1	-101,44	-103,37	-143,98	-148,57	-147,23	-121,68	-146,69	-146,53	-109,12	-105,74	-100,85	-102,24
2	101,76	104,23	144,60	148,62	148,62	122,81	117,01	116,48	109,12	105,52	100,20	101,82
3	101,87	104,53	145,24	148,57	149,48	122,97	116,96	115,99	109,60	105,36	101,33	101,87
4	102,99	104,77	146,42	148,62	149,53	124,10	116,80	115,78	109,60	105,09	102,08	101,74
5	102,19	105,09	146,64	148,57	149,94	124,48	116,96	115,40	108,74	103,14	102,84	101,38
6	104,98	104,53	147,17	148,57	149,80	124,85	117,07	115,51	107,99	105,44	102,84	101,33
7	101,55	104,98	147,60	148,57	149,34	124,10	117,01	115,29	107,72	105,74	102,35	101,33
8	101,92	105,04	148,09	148,57	149,86	122,54	117,39	115,78	108,21	105,74	101,44	101,44
9	102,24	105,68	148,95	148,78	149,97	122,38	117,66	115,29	108,53	105,30	100,69	101,71
10	102,24	106,11	149,37	149,32	150,66	121,90	117,82	115,19	108,47	105,39	99,94	101,98
11	102,30	106,14	149,57	148,57	150,77	122,17	118,46	114,60	108,47	104,23	99,88	101,76
12	102,30	106,05	148,14	148,25	150,82	122,02	118,46	114,06	109,12	104,77	99,83	101,44
13	102,78	106,43	148,03	148,03	149,23	121,84	118,62	114,27	109,23	104,65	99,56	101,65
14	102,89	106,76	148,14	147,93	149,70	120,34	119,46	113,95	109,12	104,77	100,37	102,35
15	103,37	107,45	148,57	148,03	149,27	120,18	119,11	113,79	108,47	104,18	101,17	102,62
16	103,43	107,78	149,00	148,14	148,46	119,64	118,51	113,90	108,33	102,94	100,90	102,57
17	103,80	108,42	149,21	148,25	148,25	119,21	117,76	112,80	109,33	102,03	100,69	102,24
18	104,34	108,74	149,59	148,30	148,73	118,95	117,66	111,80	109,33	101,98	99,18	102,14
19	104,07	109,49	149,64	148,68	148,78	118,68	117,28	111,48	108,80	102,84	99,18	101,98
20	104,53	109,49	149,64	147,82	149,11	119,05	116,80	111,27	107,86	103,45	99,45	101,92
21	104,29	109,98	149,64	147,07	149,32	119,21	116,37	111,53	107,43	103,06	99,45	101,49
22	104,02	110,57	149,70	147,28	149,32	119,21	116,48	111,32	106,97	103,48	99,88	101,60
23	104,12	110,62	148,73	148,73	149,37	119,32	115,72	110,56	106,70	103,43	100,69	101,44
24	104,12	110,38	148,78	148,83	149,64	118,95	116,90	109,39	106,89	103,32	99,83	101,17
25	104,07	112,45	147,87	148,03	149,97	118,95	115,83	108,85	106,27	102,94	100,53	101,17
26	104,12	111,43	147,93	148,92	150,48	118,09	116,17	108,47	105,31	102,78	101,06	101,01
27	104,07	111,70	147,93	148,24	150,66	118,14	116,18	108,47	104,61	102,78	101,06	101,12
28	103,80	112,39	148,00	148,00	150,82	117,07	116,30	108,39	104,48	102,78	101,12	100,98
29	103,53	112,42	148,10	148,10	150,82	117,07	116,30	108,39	104,48	102,78	101,12	100,98
30	102,78	113,42	148,52	148,52	150,82	117,07	116,30	108,39	104,48	102,78	101,12	100,98
31	102,78	113,42	148,52	148,52	150,82	117,07	116,30	108,39	104,48	102,78	101,12	100,98

Variations d'inclinaison du côté Sud évaluées en secondes d'arc  
 Octobre 1889 à Septembre 1890.

DU SOL.

443

Date.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
1	+ 0,12	- 0,46	- 0,08	- 0,44	+ 1,00	+ 0,12	+ 2,12	+ 2,70	+ 3,32	+ 1,44	+ 1,41	+ 2,69
2	+ 0,12	- 0,12	0	0,58	+ 0,75	- 1,33	2,16	2,57	2,74	1,24	1,25	+ 2,07
3	+ 0,12	0,08	0	0,50	0,37	1,70	2,45	2,78	2,82	1,58	1,25	1,95
4	- 0,12	0,04	- 0,25	0,54	0,46	2,12	2,45	2,37	2,61	1,87	1,87	1,91
5	- 0,08	+ 0,08	0,91	0,71	0,33	1,91	2,61	2,41	2,66	2,49	2,49	1,41
6	- 0,12	0,04	0,08	0,46	0,04	2,24	2,70	2,41	2,61	2,53	2,53	1,04
7	+ 0,12	0,37	1,04	0,50	0,04	1,95	2,70	2,37	2,61	1,95	1,95	1,00
8	+ 0,12	0,21	0,95	0,50	0,12	1,82	2,75	3,11	2,74	1,58	1,58	0,71
9	0	0,08	1,20	0,46	- 0,41	1,66	2,75	2,95	2,57	1,33	1,33	0,75
10	+ 0,33	0,17	1,24	0,50	0,41	1,49	2,75	2,99	2,57	1,08	1,08	0,71
11	+ 0,12	0,17	1,66	0,50	0,04	1,12	3,07	3,15	3,11	1,12	1,12	0,37
12	0,37	0,21	1,20	0,50	0,08	1,12	2,70	3,24	3,61	1,04	1,04	0,71
13	0,46	0,25	1,33	0,44	0,25	0,66	2,32	3,03	3,49	1,24	1,25	0,71
14	0,50	0,04	1,20	0,44	0,33	0,83	2,38	3,03	2,37	1,33	1,33	0,71
15	0,21	+ 0,08	1,20	0,12	0,83	0,08	2,16	2,74	2,41	1,44	1,44	1,04
16	- 0,21	0,04	1,20	0,25	0,79	0,54	2,07	2,78	2,32	1,20	1,20	0,75
17	+ 0,08	0,04	1,37	0,29	0,79	0,75	2,14	2,32	2,07	0,83	0,83	0,71
18	0	0,04	1,33	0,54	0,87	0,95	3,19	3,28	1,91	0,83	0,83	0,71
19	+ 0,04	0,25	1,54	0,62	0,62	0,75	2,66	3,44	1,83	0,87	0,87	0,54
20	0,04	- 0,25	1,49	0,17	0,62	0,50	2,41	3,90	1,85	1,90	1,95	0,50
21	0,08	0,21	1,04	0,21	0,66	0,71	2,45	3,57	1,62	1,33	1,33	0,54
22	- 0,12	0,17	1,04	0,12	0,54	0,71	2,41	3,49	2,03	1,24	1,25	0,50
23	- 0,37	0,17	1,00	0,12	0,29	0,75	2,41	2,95	2,07	1,33	1,33	0,29
24	0,21	+ 0,41	0,41	0,21	0,37	1,37	2,70	2,24	2,12	1,83	1,83	0,25
25	0,37	0,41	0,41	0,62	0,99	1,74	3,15	3,03	1,62	1,99	2,90	0,08
26	0,41	0,62	0,29	0,87	0,25	1,95	2,82	3,69	1,12	1,62	1,62	0,08
27	0,41	0,46	0,25	0,91	0,21	2,07	2,66	3,86	1,37	1,58	1,58	0
28	0,25	0,58	0,29	0,94	0,25	2,16	2,61	3,98	1,87	1,70	1,70	0
29	0,33	0,54	0,29	1,08	0,21	2,16	2,70	3,78	2,90	1,66	1,66	0,04
30	0,54	0,41	0,29	1,04	0,21	2,07	2,70	3,44	2,90	2,16	2,16	-
31	0,41	0,41	0,29	1,04	0,21	2,07	2,70	3,44	2,90	2,16	2,16	-

l'Est à l'Ouest et que la même anomalie signalée précédemment s'est reproduite, savoir que tandis que le côté Sud s'abaisse en hiver ou sous l'influence du froid et s'élève en été sous celle de la chaleur, ce côté éprouve des mouvements inverses lors de changements momentanés de la température. La cause de cette anomalie qui se manifeste distinctement sur la planche IV, reste encore une énigme.

Les inclinaisons exactes en secondes d'arc, qui ne peuvent pas être tracées avec la même rigueur sur la planche en raison de l'échelle réduite sont reproduites dans les deux tableaux ci-joints.

L'inclinaison du côté Est entre le 1<sup>er</sup> octobre 1889 et le 30 septembre 1890 a diminué de 1",44 et l'inclinaison moyenne de l'année de 2",14, comparativement à l'année précédente.

Le côté Est a atteint le point le plus bas, — 124",85, le 6 mars 1890, tandis que la température moyenne la plus basse a eu lieu le 2 mars; le minimum du côté Sud, — 2",24, s'est présenté aussi le 6 mars. Ainsi pour les deux directions le maximum d'abaissement a éprouvé un retard de quatre jours. Il n'en a pas été de même pour le maximum d'élévation : la plus haute température moyenne des 24 heures a eu lieu le 26 juin tandis que le maximum d'élévation du côté Est, — 99",18, ne s'est présenté que le 18 août avec 53 jours de retard; quant au maximum d'élévation du côté Sud, + 3",98, il a déjà eu lieu le 29 mai avec 28 jours d'avance sur le maximum de la température. Ces anomalies qui ne sont pas faciles à expliquer se sont déjà montrées dans des années antérieures; mais généralement les maxima d'abaissement et d'élévation du sol coïncident à peu près

avec ceux de la température, ou bien, comme on le conçoit facilement, n'ont que quelques jours de retard. Toutefois ce qu'il importe de faire remarquer c'est que pendant le courant de l'année les oscillations du sol suivent exactement les variations de la température, sans retard ni avance sur ces dernières. Il paraîtrait d'après cela que l'époque à laquelle se présentent les minima et maxima d'élévation dépend d'un certain ensemble ou d'une certaine continuité de la température ou basse ou élevée à un moment donné.

La régularité et l'exactitude des indications des mouvements du sol accusés par des niveaux à bulle d'air, ne sauraient être mises en doute après les observations poursuivies avec un soin minutieux pendant ces douze années. Cependant les résultats obtenus ne permettent pas encore d'en tirer des conclusions définitives sur les causes qui produisent ces mouvements, bien que l'effet de la température soit manifeste. Les anomalies qui se présentent dans la marche des niveaux prouvent avec évidence qu'il existe un ou plusieurs facteurs autres que la température qui influent sur les mouvements du sol.

Il serait fort à désirer que ces observations de niveaux, que je termine avec cette douzième année, fussent reprises à Genève et ailleurs et continuées jusqu'à ce que le jour se fasse sur les vraies causes de ces oscillations du sol qui, certes, ne manquent pas d'intérêt.

---

RECHERCHES  
SUR LES  
PHÉNOMÈNES CHIMIQUES  
DE LA  
RESPIRATION HUMAINE

PAR  
M. le D<sup>r</sup> William MARCET

---

Avec les planches V, VI et VII.

---

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève  
dans sa séance du 2 octobre 1890.

---

Le numéro de juillet 1881 des *Archives* contient un exposé des travaux que j'avais entrepris sur l'influence de la hauteur sur la respiration. Ces travaux, je les ai continués, et l'année dernière en juin je communiquai à la Société royale de Londres un mémoire intitulé « A Chemical inquiry into the phenomena of Human respiration, » travail publié après, in extenso, dans les *Philosophical Transactions* de 1890. J'ai l'honneur de présenter un exposé de ces recherches, faisant suite, pour ainsi dire, au mémoire publié dans les *Archives* en 1881.

J'avais conclu d'un grand nombre d'expériences au sujet de l'influence de l'altitude sur la respiration, faites

entre Genève, pris pour base, et différentes stations s'élevant jusqu'à 4171 mètres (Breithorn) au-dessus de la mer, que lorsque l'on s'élève dans de certaines latitudes comme celle des Alpes, où la température de l'air s'abaisse notablement à mesure que l'on monte, on inspire un poids d'air plus faible que dans la plaine et on expire un poids d'acide carbonique plus grand dans le même temps. J'avais aussi observé que sur le Pic de Ténériffe, sous le 28<sup>me</sup> degré de latitude, où la température de l'air reste élevée à différentes hauteurs, le poids de l'air inspiré dans un temps donné, ou le volume de l'air respiré ramené à 0° et 760<sup>mm</sup>, diminue mais celui de l'acide carbonique expiré reste sensiblement le même.

M. le Dr Mermod avait conclu de ses expériences, faites à Strasbourg et à Ste-Croix, que lorsqu'on s'élève au-dessus de la mer le poids de l'air respiré diminue et celui de l'acide carbonique expiré augmente dans un temps donné. Tout en reconnaissant l'exactitude des travaux de M. Mermod d'après mes expériences, l'augmentation de l'acide carbonique expiré dans un temps donné n'est pas l'effet de l'abaissement de la pression barométrique, mais résulte de l'action du froid, que l'on ressent de plus en plus en s'élevant dans les régions du nord.

En comparant le poids de l'air respiré (ou le volume de cet air réduit à 0° et 760 mm.) avec celui de l'acide carbonique éliminé du corps dans un temps donné, on en conclura, qu'en se transportant dans les régions élevées des Alpes ou des tropiques, on respire un poids d'air, ou un volume d'air réduit à 0° et 760 mm., plus faible que dans la plaine, pour produire un même poids d'acide carbonique. Il faut aussi reconnaître que dans les montagnes où la température s'abaisse notablement à mesure que l'on

monte, comme en Suisse, le phénomène précité s'accroît par une augmentation de l'acide carbonique expiré et, par conséquent, par une réduction d'autant plus forte du poids de l'air respiré pour l'expiration d'un poids donné d'acide carbonique. Tout ceci équivaut à dire que dans la montagne l'oxygène de l'air passe au travers du tissu pulmonaire dans le sang plus rapidement que dans la plaine ; ou en d'autres termes la respiration est plus facile dans la montagne que dans la plaine. Ajoutez à cela que le froid dans les hautes montagnes se montre favorable à la fonction respiratoire.

On se demande pourquoi l'oxygène de l'air sous une tension plus faible que sa tension normale, au bord de la mer, acquiert la propriété de traverser plus facilement le tissu pulmonaire pour pénétrer dans le sang. Il est admis en général que c'est en vertu de sa tension que l'oxygène parvient dans le sang de la circulation pulmonaire, et par conséquent on croirait qu'une diminution de tension devrait plutôt s'opposer à ce mouvement, tandis qu'au contraire elle le favorise. Le professeur Frankland a communiqué à la Société Royale de Londres une observation curieuse de nature à expliquer le phénomène en question<sup>1</sup>. Il s'exprime ainsi, les mots étant en italique : « *La compression de l'air rend la combustion des substances gazeuses moins parfaite et entre certaines limites, pour le moins, plus l'atmosphère dans laquelle une flamme brûle est raréfiée, plus sa combustion est complète.* » De plus, dans un discours que fit le Dr Frankland à l'hôpital de Saint-Bartholomew à Londres, il y a environ trente ans, en rappelant la

<sup>1</sup> De l'influence de la pression barométrique sur quelques phénomènes de la combustion. *Phil. Trans*, 1861.

nuit qu'il passa au sommet du Mont-Blanc, il attira l'attention de son auditoire sur l'analogie probable qui existerait entre l'influence de l'air raréfié sur la combustion et sur la respiration. Pour lui, l'effet de l'air raréfié sur la combustion tient en grande partie à une augmentation de mobilité des gaz.

Le mémoire en question décrit une expérience physique dont la conclusion quoique, peut-être, étrangère au sujet de mon travail me paraît très intéressante au point de vue physiologique. L'auteur disposa un fil de platine dans l'intérieur de la cloche d'une pompe pneumatique, puis ce fil fut chauffé au rouge sombre par un courant voltaïque; en faisant le vide le fil se chauffa à blanc, mais lorsqu'on admit de nouveau l'air dans la cloche le fil revint au rouge sombre, montrant que l'air raréfié produit un effet réfrigérant beaucoup moins fort que l'air à la pression ordinaire. Je me demande si un phénomène semblable ne pourrait pas se produire sur le corps humain? Une température basse sous la pression faible de la montagne refroidirait moins le corps que cette même température dans la plaine. Il est de fait qu'à Davos on peut sortir la nuit par une température extrêmement basse sans ressentir un froid très vif. On a attribué cet effet à différentes causes, soit au calme de l'atmosphère, soit à la sécheresse de l'air; d'après l'expérience du professeur Frankland il est très possible que la légèreté de l'air soit en partie la cause de ce phénomène. Le lecteur voudra bien m'excuser cette digression.

Les travaux décrits dans ce mémoire furent exécutés pendant l'hiver et le printemps de 1888-1889 dans mon laboratoire à Londres, j'étais assisté avec intelligence par un jeune chimiste, M. C.-F. Townsend, qui voulut bien,



ainsi que mon employé de laboratoire W. Alderwood, se soumettre à l'expérience.

A l'origine, le but de ces recherches avait été d'étudier, par des moyens plus exacts que ceux dont on s'était servi auparavant, les phénomènes chimiques de la respiration de l'homme ; chacune de ces expériences nécessitant la lecture du baromètre pour opérer les réductions de volume à 0° et 760 mm. ; je fus amené à reconnaître une relation très positive entre les pressions atmosphériques locales et les phénomènes respiratoires, c'est un des résultats obtenus ; d'un autre côté j'ai pu constater l'influence de la température et de la nourriture sur les volumes d'air que l'on respire pour former dans le corps et expirer un poids donné, soit un gramme d'acide carbonique.

La personne en expérience étendue sur une chaise longue inspirait par le nez tandis qu'elle expirait par la bouche. Avec un peu de pratique, il est facile de respirer ainsi tout à fait naturellement, seulement les respirations sont un peu plus profondes et moins fréquentes que dans la respiration ordinaire à l'air libre. Un de mes assistants, pour plus de sécurité, se bouchait le nez avec un doigt de chaque main pendant l'expiration, il écartait les doigts pour l'inspiration. La preuve que ce mode de respirer s'accommode parfaitement avec la fonction respiratoire est que l'on n'éprouve aucun essoufflement ou aucune gêne pendant toute la durée de l'expérience. Un tube en caoutchouc d'environ 25 millimètres de diamètre intérieur met l'opérateur en relation avec une cloche d'une contenance de 40 litres suspendue dans un réservoir d'eau salée au moyen d'une poulie et d'un contre-poids. L'eau est salée pour éviter l'absorption de l'acide carbonique. Un second contre-poids faisant office de levier est fixé à la poulie.

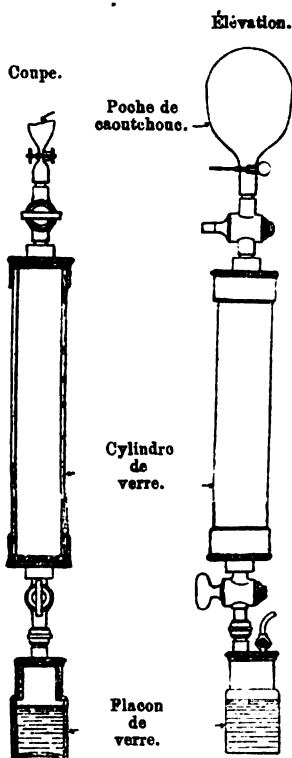
A mesure que la cloche monte le levier s'allonge et vice versa de manière à maintenir la cloche toujours en équilibre et l'air qu'elle contient sous la pression atmosphérique. Cette disposition permet d'expirer dans la cloche l'air inspiré par le nez, sans que la personne en expérience s'aperçoive de la chose. Afin de faire l'expérience absolument dans des conditions normales, il était urgent de s'arranger de manière à ce que la personne en expérience ne s'aperçût pas du moment où elle commençait à expirer dans la cloche. Dans ce but je fis faire un robinet à deux voies en laiton que je plaçai dans le trajet du tuyau en caoutchouc, par ce moyen on commençait par expirer à l'extérieur l'air inspiré par le nez, puis lorsque la respiration était devenue parfaitement régulière, sans dire mot, un assistant tournait le robinet pendant une inspiration et l'air de l'expiration suivante était recueilli dans la cloche. Différents moyens furent employés pour juger des mouvements respiratoires, — dans certains cas un petit drapeau en soie était placé dans l'intérieur d'un tube en verre inséré sur le parcours du tube de caoutchouc, dans d'autres un petit drapeau suspendu devant l'ouverture extérieure du robinet à deux voies était agité à chaque expiration et restait en repos pendant l'inspiration, tant que l'opérateur expirait l'air à l'extérieur. De la sorte on pouvait juger de la régularité de la respiration et de l'instant pendant lequel le robinet devait être tourné.

L'expérience se faisait comme suit — la personne soumise à l'expérience restait étendue sur une chaise longue, avec un support pour les pieds, jusqu'à ce que la respiration fût devenue parfaitement tranquille et régulière. Alors prenant en main le tuyau de caoutchouc, elle continuait à respirer inspirant par le nez et expirant au

travers du tuyau par la bouche. L'air était d'abord expiré à l'extérieur de la cloche, puis lorsque la respiration était de nouveau parfaitement régulière on tournait le robinet à deux voies pendant une inspiration, et l'air de l'expiration suivante était recueilli dans la cloche; à l'instant où la cloche commençait à monter on mettait en marche un chronographe à minutes et à secondes. Après l'expiration de 35 à 38 litres d'air dans la cloche, on arrêtait le chronographe à la fin d'une expiration et pendant l'inspiration suivante on tournait le robinet. En général la cloche était remplie deux ou trois fois de suite, afin d'obtenir aussi près que possible le même volume d'air expiré dans un temps donné. A force de répéter les expériences de ce genre, et en perfectionnant de plus en plus le jeu des cloches, je suis arrivé à des résultats de plus en plus réguliers. Il m'a paru, du reste, que certaines personnes respiraient plus régulièrement que d'autres. La température de l'air dans la cloche était alors notée au moyen d'un thermomètre introduit au travers du dôme de l'instrument, puis on lisait la hauteur du baromètre.

Le jaugeage de l'acide carbonique se faisait très exactement par la méthode de Pettenkofer. Cette méthode nécessitait une mesure très exacte de l'air soumis à l'analyse, je fis faire dans ce but un instrument qui me fut de grande utilité dans toutes ces recherches. Un tube ou cylindre en verre de la capacité d'un litre fut muni de deux obturateurs en laiton se vissant sur les deux extrémités. Chacun de ces obturateurs portait un tube en laiton que l'on pouvait fermer ou ouvrir avec un robinet, et l'un d'eux se vissait sur le couvercle (en laiton) d'un flacon de verre contenant un peu plus que 100 cent. cubes. Ce couvercle était lui même vissé sur le flacon de manière à ce que l'on pût ouvrir largement le flacon pour le laver

et l'essuyer avec un linge. Le petit tube recourbé, muni d'un robinet et fixé au couvercle du flacon, n'est pas absolument nécessaire à l'instrument, mais sert à faciliter en ouvrant le robinet, l'écoulement du contenu du flacon. Pour faire l'analyse on mettait le cylindre en rapport



Instrument pour le jaugeage de l'acide carbonique.

avec la cloche au moyen d'un tube en caoutchouc, puis avec une pompe on faisait le vide dans le cylindre 7 à 8 fois de suite, laissant entrer l'air de la cloche à chaque reprise, puis on mettait un poids sur la cloche et on faisait passer 12 à 15 litres d'air, au moins, au travers du

cylindre de manière à être parfaitement certain qu'il ne contenait plus que l'air de la cloche. Alors on fermait le cylindre et on enlevait le poids de dessus la cloche. Puis, tout en maintenant ouverte la communication entre la cloche et le cylindre, ce dernier était plongé dans un réservoir rempli d'eau à une température avoisinant celle de la cloche et que l'on notait avec soin ; finalement la hauteur du baromètre était lue et enregistrée de nouveau. De cette manière on obtenait un litre d'air (avec une faible correction en plus ou en moins) à une température et sous une pression barométrique connues.

Ensuite on introduisait avec une pipette 100 cent. cubes d'une dissolution titrée d'hydrate de barium dans le flacon, puis après avoir fermé le cylindre on le sortait du réservoir, il était essuyé, et à une de ses extrémités on vissait le flacon contenant la liqueur alcaline.

La fin de l'opération coule de source, il n'y avait plus qu'à ouvrir le robinet et à secouer. La dissolution alcaline tombait dans le cylindre et la combinaison s'effectuait entre l'acide carbonique et le barium. Il fallait environ une demi-heure pour opérer la combinaison complète de l'acide carbonique, mais en introduisant dans le cylindre de l'air privé d'acide carbonique, de manière à produire une certaine pression, je remarquai que la combinaison s'opérait beaucoup plus rapidement. J'obtins cette pression en remplissant d'air filtré au travers d'hydrate de potassium, un petit sac en caoutchouc ayant la forme d'une poire et d'une contenance d'environ 100 cent. cubes ; cet air était refoulé dans le cylindre avec la main après avoir secoué le tube pendant deux ou trois minutes. La combinaison se trouvait complète au bout de dix minutes et même avant, mais on secouait pendant un quart d'heure ; puis on recueillait le

liquide laiteux dans un flacon bouché à l'émeri d'une contenance d'environ 100 cent. cubes et on lutait le bouchon avec de la paraffine. Le jour suivant le précipité s'était déposé et le liquide clair était soumis à l'analyse avec une dissolution titrée d'acide oxalique.

Afin de déterminer le degré d'exactitude de cette méthode analytique on fit quatorze jaugeages à double de l'acide carbonique contenu dans autant d'échantillons différents d'air expirés dans la cloche. Les résultats obtenus figurent sous la forme d'acide carbonique expiré par minute.

**Acide carbonique expiré par minute.**

Grammes.	Différence.	Pour cent.
0,3905	0,0024	0,61
0,3881		
0,4581	0,0010	0,22
0,4571		
0,4228	0,0015	0,35
0,4203		
0,5108	0,0021	0,41
0,5087		
0,4403	0,0019	0,25
0,4393		
0,4625	0,0027	0,58
0,4652		
0,4015	0,0008	0,20
0,4007		
0,3630	0,0011	0,30
0,3641		
0,4263	0,0020	0,47
0,4243		
0,4348	0,0003	0,07
0,4345		
0,4246	0,0012	0,28
0,4234		
0,4011	0,0005	0,12
0,4006		
0,4033	0,0013	0,32
0,4046		
0,3766	0,0008	0,21
0,3758		
Moyenne.	0,0013	0,32

Par conséquent l'erreur la plus forte fut de 0.61 %, et la plus faible de 0.07 %. L'erreur moyenne se monta

à 0.32 % : on pouvait donc compter sur l'exactitude de la méthode.

Il y a deux objections à l'usage de l'acide oxalique comme moyen de titrer, dans ces expériences, d'abord les dissolutions de cet acide sont sujettes à se modifier et ensuite différents échantillons de cette substance cristallisée, n'ont pas tous exactement le même degré d'acidité. Pour obvier au premier inconvénient j'ai stérilisé le flacon, dans lequel j'introduisais ensuite l'acide oxalique, en le chauffant et le laissant refroidir fermé avec un tampon de ouate. Quant à la seconde objection, je me suis toujours servi du même échantillon d'acide oxalique dont j'ai déterminé le degré d'acidité en préparant une solution d'acide chlorhydrique, titrée avec un poids connu de carbonate de sodium anhydre, et en comparant l'acidité de ces deux dissolutions au moyen de leur réaction sur une solution de barium.

Avec l'acide oxalique 100 cc. de solution de barium furent trouvés équivalents à . . 0,2683 gr. CO<sub>2</sub>,  
avec l'acide chlorhydrique 100 cc. . . . 0,2675    »  
tandis que le barium déterminé comme

sulfate correspondait à . . . . . 0,2679    »

Il était donc évident que l'acide oxalique employé dans ces expériences était tout à fait pur, et de plus que l'hydrate de barium dont je faisais usage ne contenait aucune autre substance alcaline.

On sait d'après les expériences de Regnault et Reiset que dans la respiration normale une faible proportion de l'oxygène respiré ne ressort pas sous la forme d'acide carbonique. Cette proportion se monte à 1.8 ou 2 % de l'air inspiré. Dans toutes mes expériences j'ai tenu compte de l'air *expiré*, et mes résultats sont parfaitement comparables entre eux.

Mon préparateur William Alderwood, âgé de 23 ans, est un garçon intelligent, robuste et d'une santé excellente. Il se soumit à soixante-quatorze expériences complètes, mais comme ces expériences se continuèrent de l'hiver au printemps, la température de mon laboratoire (chauffé au moyen d'un tuyau d'eau chaude) varia considérablement pendant ce laps de temps. M'étant aperçu que des changements de température avaient une influence marquée sur la respiration, je divisai ces 73 expériences en deux séries : une de 25 expériences comprenant celles faites à une température variant de  $14^{\circ}$  à  $17^{\circ}3$  c. et une autre de 49 expériences comprenant toutes celles que je fis à une température variant de  $17^{\circ}3$  à  $21^{\circ}7$  centigrades.

Le tableau suivant montre 1° les moyennes d'acide carbonique expiré aux différentes heures après un repas, 2° les moyennes des volumes d'air expirés par minute, 3° les relations entre les volumes d'air expirés et l'acide carbonique qu'ils contiennent, soit les volumes d'air correspondant à 1 gr. de  $\text{CO}_2$ .

(Les volumes sont tous ramenés à  $0^{\circ}$  et 760 mm.)

	HEURES APRÈS LE REPAS						Moy.
	0 à 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	5 à 6	
<b>Température du Laboratoire de 14° à 17°,3 C.</b>							
CO <sub>2</sub> expiré par minute.							
Grammes.....	0,458	0,443	0,466	0,432	0,406	0,386	0,432
Vol. d'air (réd.) expiré							
par minute. Litres..	3,965	4,042	4,100	3,818	3,837	3,632	3,899
Vol. d'air pour 1 gr.CO <sub>2</sub> .							
Litres.....	8,66	9,12	8,80	8,84	9,48	9,40	9,05
<b>Température du Laboratoire de 17°,3 à 21°,7.</b>							
CO <sub>2</sub> expiré par minute.							
Grammes.....	0,440	0,451	0,433	0,443	0,384	0,368	0,419
Vol. d'air (réd.) expiré							
par minute. Litres..	4,114	4,210	4,003	4,091	3,727	3,617	3,960
Vol. d'air pour 1 gr.CO <sub>2</sub> .							
Litres.....	9,34	9,33	9,24	9,27	9,72	9,83	9,45



Il résulte de l'inspection de ce tableau que pendant une température relativement basse il a fallu respirer un peu moins d'air que pendant les températures plus élevées pour former dans le corps et expirer un gramme d'acide carbonique — dans la proportion de 9,05 litres à 9,45 litres. Cette différence semble porter surtout sur les poids d'acide carbonique expirés par minute — 0,432 gr. et 0,449 gr.; tandis que les volumes d'air expirés se trouvent être 3,899 et 3,960.

L'influence de la nourriture sur le poids de l'acide carbonique expiré par minute se voit clairement dans les courbes qui accompagnent ce mémoire.

Je tiens surtout à mettre en évidence les résultats obtenus au sujet de l'influence des variations locales des pressions atmosphériques sur la respiration; on retrouve dans cette action un effet parfaitement semblable à celui qu'exerce l'influence de l'altitude.

Afin de démontrer l'effet de la pression atmosphérique sur la respiration il a fallu éliminer autant que possible l'influence de la nourriture, et dans ce but j'ai groupé ensemble les expériences faites toutes les deux heures après un repas, en les rapprochant des moyennes des lectures barométriques notées à l'occasion de chaque expérience. Le premier groupe comprenait onze expériences faites de 0 à 2 heures après un repas. Ce groupe fut divisé en deux autres, égaux autant que possible, dont l'un correspondait aux lectures barométriques les plus élevées, et l'autre aux lectures les plus basses.

On disposa de la même manière les expériences faites de 2 à 4 heures et de 4 à 6 heures après un repas; le tableau suivant montre clairement l'influence que les pressions ont exercé sur les volumes d'air nécessaires à

la formation et à l'expiration de 1 gramme d'acide carbonique.

**Tableau montrant l'influence des pressions atmosphériques locales sur la respiration.**

(William Alderwood en expérience.)

*0 à 2 heures après un repas.*

	mm		
1 <sup>er</sup> groupe.	{ 765,9	Volume d'air pour l'expiration de	
Moyenne des hauteurs maxima.		1 gr. CO <sub>2</sub> . . . .	9,423 litres.
2 <sup>me</sup> groupe.	{ 754,1	Volume d'air pour	
Moyenne des hauteurs minima.		1 gr. CO <sub>2</sub> . . . .	9,228 "
Différence.	11,8	Différence en moins.	0,195 litres.
Nombre d'expériences : 11.			

*2 à 4 heures.*

	mm		litres
1 <sup>er</sup> groupe.	{ 767,0	Vol. d'air pour 1 gr. CO <sub>2</sub> .	9,322
Moyenne des hauteurs maxima.		" " "	
2 <sup>me</sup> groupe.	{ 747,7	" " "	9,180
Moyenne des hauteurs minima.		" " "	
Différence.	19,3	Différence en moins.	0,142
Nombre d'expériences : 11.			

*4 à 6 heures.*

	mm		litres
1 <sup>er</sup> groupe.	{ 766,4	Vol. d'air pour 1 gr. CO <sub>2</sub> .	9,838
Moyenne des hauteurs maxima.		" " "	
2 <sup>me</sup> groupe.	{ 746,2	" " "	9,684
Moyenne des hauteurs minima.		" " "	
Différence.	20,2	Différence en moins.	0,154
Nombre d'expériences : 27.			

On pourrait résumer ce tableau comme suit :

	Abaissement de la pression barométrique.	Réduction du volume de l'air expiré pour 1 gr. CO <sub>2</sub> .
	mm	litres
0 à 2 h. après un repas . .	11,8	0,195
2 à 4 h. " " . .	19,3	0,142
4 à 6 h. " " . .	20,2	0,154
Moyennes . .	17,1	0,163

Par conséquent, avec un abaissement moyen de 17,1 mm. de pression, il y eut une réduction de 0,163 litre d'air respiré pour l'élimination de 1 gr.  $\text{CO}_2$ , correspondant à une réduction de 0,095 litre pour un abaissement de 10 mm <sup>1</sup>.

Si au lieu de prendre en considération toutes les expériences comme je l'ai fait dans le tableau précédent, on choisit les lectures extrêmes du baromètre et les volumes d'air correspondants pour l'élimination de 1 gr. de  $\text{CO}_2$  (les moitiés extrêmes de chaque groupe), l'effet sera encore plus marqué, excepté dans un cas auquel il sera fait une allusion spéciale. — Voici quel sera ce tableau :

	Abaissement de la pression barométrique. mm	Réduction du volume de l'air expiré pour 1 gr. $\text{CO}_2$ . litres
0 à 2 h. après un repas ..	18,0	0,437
2 à 4 h. " " ..	27,1	0,010
4 à 6 h. " " ..	33,7	0,432
Moyennes ..	26,3	0,293

Par conséquent avec un abaissement moyen de 26,3 mm. de pression il y eut une réduction de 0,293 litre d'air expiré soit respiré pour l'élimination de 1 gr.  $\text{CO}_2$ , se montant à une réduction de 0,111 litre pour un abaissement de 10 mm.

Le chiffre 0,010 pour la réduction du volume de 2 à 4 heures après le repas paraît montrer que pendant cette période de la digestion l'influence de la nourriture s'oppose à l'effet de la pression atmosphérique. Ainsi, donc nous avons une réduction moyenne de 0,095 litre, en

<sup>1</sup> Le tableau-ci-dessus est représenté sous la forme graphique dans les planches qui terminent ce mémoire.

tenant compte de toutes les expériences, pour un abaissement de 10 mm. de pression, et de 0,111 litre pour un abaissement de 10 millimètres de pression en tenant compte des extrêmes seulement.

Les mêmes expériences au nombre de 56 furent répétées sur une seconde personne — mon assistant M. C.-F. Townsend, âgé de 23 ans. Il n'y eut dans ce cas aucune nécessité de tenir compte des températures du laboratoire comme elles ne changèrent pas notablement pendant le cours de ces expériences.

Voici le tableau des moyennes obtenues de ces 56 expériences :

	HEURES APRÈS LE REPAS						Moy.
	0 à 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	5 à 6	
CO <sub>2</sub> expiré par minute.							
Grammes.....	0,429	0,439	0,428	0,404	0,410	0,388	0,416
Vol. d'air (réd.) expiré							
par minute. Litres..	4,390	4,488	4,444	4,303	4,390	4,388	4,400
Vol. d'air pour 1 gr. CO <sub>2</sub> .							
Litres.....	10,19	10,22	10,38	10,65	10,76	11,32	10,59

En comparant ce tableau avec le tableau correspondant des expériences faites sur W. Alderwood entre les températures de 17°3 et 21°7, on voit de suite que le poids moyen d'acide carbonique expiré par minute est presque exactement le même.

Pour le premier nous avons 0,419 grammes et pour le second 0,416 gr. Les volumes d'air expirés, soit respirés par minute, varient considérablement, dans le premier cas ce volume s'élève à 3,960 litres et dans le second à 4,400 litres. Il en résulte que C.-F. Townsend demandait beaucoup plus d'air dans ses poumons pour former et éliminer 1 gr. CO<sub>2</sub> que W. Alderwood. En effet pour

le premier il fallait 9,45 litres et pour le second 10,59 litres, c'est-à-dire au delà de un litre de plus, pour effectuer dans le corps le même degré de combustion. L'effet de la nourriture se voit peut-être plus clairement dans les courbes qui accompagnent ce travail.

L'influence des variations de pressions barométriques est de la même nature dans ce cas que dans le cas précédent, avec un abaissement du baromètre nous voyons encore une réduction dans le volume d'air respiré pour 1 gr. de  $\text{CO}_2$ .

**Hauteurs barométriques et volumes correspondants  
d'air expiré pour 1 gramme  $\text{CO}_2$ .**

M. C.-F. Townsend en expérience.

(Les expériences sont partagées en deux groupes.)

*0 à 2 h. après un repas.*

	mm		litres
<i>1<sup>er</sup> groupe.</i>			
Moyenne des hauteurs maxima.	764,5	Vol. d'air expiré pour 1 gr. $\text{CO}_2$ .....	10,273
<i>2<sup>me</sup> groupe.</i>			
Moyenne des hauteurs minima.	750,4	Vol. d'air expiré pour 1 gr. $\text{CO}_2$ .....	10,139
Différence.	14,1	Diff. en moins p. 14,1 mm.	0,134 lit.

Nombre d'expériences : 18.

*2 à 4 h. après un repas.*

	mm		litres
<i>1<sup>er</sup> groupe.</i>			
Moyenne des hauteurs maxima.	766,7	Vol. d'air pour 1 gr. $\text{CO}_2$ .	10,533
<i>2<sup>me</sup> groupe.</i>			
Moyenne des hauteurs minima.	753,9	" " "	10,412
Différence.	12,8	Diff. en moins p. 12,8 mm.	0,121 lit.

Nombre d'expériences : 27.

*4 à 6 h. après un repas.*

	mm		litres
<i>1<sup>er</sup> groupe.</i>			
Moyenne des hauteurs maxima.	761,2	Vol. d'air pour 1 gr. $\text{CO}_2$ .	11,157
<i>2<sup>me</sup> groupe.</i>			
Moyenne des hauteurs minima.	752,0	" " "	10,767
Différence.	9,2	Diff. en moins p. 9,2 mm.	0,390 lit.

Nombre d'expériences : 11.

Le tableau ci-dessus peut se résumer comme suit :

	Abaissement de la pression barométrique.	Réduction du volume de l'air respiré pour 1 gr. CO <sub>2</sub> .
	mm	litres
De 0 à 2 h. après un repas.	14,1	0,134
De 2 à 4 h. " "	12,8	0,121
De 4 à 6 h. " "	9,2	0,390
Moyennes..	12,0	0,215

C'est-à-dire que pour un abaissement moyen de 12 mm. de pression, il s'opère une réduction de 0,215 litre d'air expiré (soit respiré) pour 1 gr. CO<sub>2</sub> expiré, ce qui équivaldrait à une réduction de 0,179 litre pour 10 mm.<sup>1</sup>

Le tableau suivant donne les différences extrêmes (moitiés extrêmes de chaque groupe) :

	Abaissement de la pression barométrique.	Réduction du volume de l'air expiré pour 1 gr. CO <sub>2</sub> .
	mm	litres
De 0 à 2 h. après un repas.	20,7	0,306
De 2 à 4 h. " "	20,1	0,202
De 4 à 6 h. " "	15,8	0,587
Moyennes..	18,9	0,365

C'est-à-dire que pour un abaissement moyen de 18,9 mm. de pression il s'opère une réduction de 0,365 litre d'air expiré, soit respiré, pour 1 gr. CO<sub>2</sub>, ce qui équivaldrait à une réduction de 0,193 litre par 10 mm. Ce chiffre est passablement rapproché de 0,179 litre, le volume correspondant obtenu lorsqu'il s'agissait de toutes les expériences partagées en deux groupes pour chaque deux heures.

<sup>1</sup> Le tableau ci-dessus est représenté sous la forme graphique dans les planches qui terminent ce mémoire.

Par conséquent pour une des personnes la réduction moyenne, en considérant le chiffre total des expériences, s'éleva à 0,095 litre pour un abaissement de pression de 10 mm.; et pour l'autre elle s'éleva à 0,179 litre. D'où l'on peut conclure que l'effet des variations barométriques sur la respiration de l'homme, varie en intensité suivant les personnes.

La courbe graphique montre distinctement dans le cas de C.-F. Townsend un effet semblable à celui que nous retrouvons chez W. Alderwood.

Les résultats obtenus, dans ce travail peuvent être résumés comme suit :

1° Les expériences sur W. Alderwood montrent qu'un abaissement modéré de la température locale est accompagné d'une légère réduction dans le volume d'air respiré pour 1 gr. d'acide carbonique expiré.

2° L'influence de la nourriture sur la formation de l'acide carbonique dans le corps commence dans le cours de la première heure après le repas et augmente pendant deux ou trois heures, la période correspondante au maximum de l'acide carbonique expiré variant pendant ce temps.

3° L'influence de la nourriture sur les volumes d'air nécessaires à la formation et à l'aspiration d'un certain poids d'acide carbonique se voit clairement. Les volumes suivent plus ou moins les fluctuations de l'acide carbonique ; mais lorsque un certain temps s'est écoulé, après un repas, le poids de l'acide carbonique expiré présente une tendance notable à s'abaisser plus rapidement que les volumes d'air diminuent. — Le parallélisme des tracés paraît cependant se retrouver pendant la nuit et avant le premier déjeuner.

4° Les variations des pressions barométriques locales ont une influence marquée sur la respiration, cette fonction demandant un volume plus faible d'air (réduit à 0° et 760 mm.) pour la formation dans le corps et l'émission d'un certain poids d'acide carbonique sous les pressions relativement basses que sous les pressions plus élevées, mais le degré de cette influence varie suivant les individus. Dans les recherches actuelles, pour deux personnes soumises à l'expérience, un abaissement de pression atmosphérique de 10 mm. fut accompagné d'une réduction moyenne de volume dans l'air respiré (pour l'expiration de 1 gr. d'acide carbonique) de 0,095 litre dans un cas, et de 0,179 dans l'autre.

5° L'influence de la pression atmosphérique sur les volumes d'air respirés paraît moins marquée de 2 à 4 heures de temps après un repas qu'à d'autres moments, mais ce résultat demande à être confirmé par de nouvelles expériences.

Les recherches décrites dans ce mémoire montrent bien positivement que différentes personnes respirent différents volumes d'air pour fournir au corps l'oxygène nécessaire à la combustion et à l'émission d'un poids donné d'acide carbonique. Deux personnes en expériences demandèrent en moyenne 9,29 et 10,51 litres et une troisième 11,30 litres d'air pour l'expiration de 1 gramme d'acide carbonique, et je pourrais fournir, au besoin, beaucoup d'autres chiffres résultant d'expériences semblables. Sans doute, moins le volume d'air respiré est grand pour fournir l'oxygène destiné à un degré de combustion donné dans l'économie, plus est grande la rapidité avec laquelle l'oxygène se rend dans le sang au travers des poumons et par conséquent plus les conditions dans



lesquelles s'exerce la fonction respiratoire sont bonnes. Celui qui demandait seulement 9,29 litres d'air pour expirer 1 gr.  $\text{CO}_2$ , pouvait se flatter d'avoir ses fonctions respiratoires dans un bien meilleur état que celui qui demandait 11,30 litres d'air; en effet le premier avait vingt-trois ans et le second en avait soixante. Ces volumes ne sont cependant pas toujours les mêmes pour la même personne, et je les ai vus se modifier dans de certaines limites, sans cependant pouvoir en expliquer la raison. Ce serait là un sujet intéressant à étudier.

---

RECHERCHES SUR L'ACTION PHYSIOLOGIQUE  
DES  
COURANTS ET DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

PAR  
Le Dr DUBOIS  
Privat-docent à l'Université de Berne.

---

Le médecin qui fait un usage fréquent des courants électriques, constate un fait curieux, c'est que l'on peut obtenir la *même contraction musculaire* par des moyens très divers, par des courants de pile, par des décharges de condensateurs chargés à la pile, par des courants induits de fermeture ou d'ouverture, par la décharge de machines statiques ou de bouteilles de Leyde.

Sans doute, dans les conditions ordinaires d'application, la contraction musculaire est accompagnée d'autres effets qui permettent de reconnaître à quel genre de courant on a à faire. Ainsi, lorsqu'on emploie les courants constants que fournissent les piles et qu'on ferme le circuit à la main, le courant a toujours une certaine *durée*; il produit des effets chimiques et la contraction musculaire est accompagnée d'une sensation de brûlure, de cuisson bien caractéristique. Les machines statiques, les bouteilles de Leyde agissent par décharge disruptive

et l'on perçoit l'étincelle particulière à ce mode d'électrisation. Cependant on peut arriver à supprimer en grande partie ces effets concomitants ; on peut égaliser l'action au point qu'il soit impossible de dire de quelle manière la secousse a été produite.

Déjà dans les conditions normales d'application, il est impossible de saisir une différence entre la secousse produite par une décharge de condensateur et celle due à un courant d'induction (fermeture ou ouverture). Si, faisant usage du courant galvanique on établit au moyen d'un interrupteur mécanique un contact très court, ne durant qu'une fraction de seconde, on réduit au minimum les effets chimiques, la sensation de brûlure disparaît et l'impression ne diffère pas de celle produite par un courant induit. Avec les machines statiques ou les bouteilles de Leyde on peut, en appliquant préalablement les pôles sur la peau, provoquer la décharge disruptive dans une portion éloignée du circuit ; on supprime ainsi l'effet de l'étincelle sur les nerfs-cutanés. En multipliant ces artifices on arriverait à éliminer les effets accessoires, à produire des secousses égales et à employer successivement ces différents modes d'électrisation sans que le sujet puisse indiquer à quel genre de courant on a eu recours.

Si, du reste, on ne considère que *l'énergie de la contraction*, supprimant par la pensée les effets concomitants, on constate facilement ce que nous disions plus haut : c'est que *la même contraction musculaire* peut être obtenue par ces différents modes d'électrisation. Or les propriétés physiques de ces courants et décharges diffèrent du tout au tout et, cependant, nous sommes en présence d'une *constante d'effet physiologique*. Il est logique d'admettre qu'à cette *constante physiologique* doit nécessairement

correspondre une *constante physique*. Il est au moins probable que ces courants et décharges, en apparence si dissemblables, ont une *qualité commune* dont dépend l'action existante sur le nerf ou le muscle. Cette constante doit être cherchée dans les qualités physiques des courants ou décharges, dans leur *intensité* mesurable en ampères, leur *quantité* exprimée en coulombs, la *forme de la courbe* représentant la durée plus ou moins longue des périodes d'état variable ou de régime permanent, etc., etc.

C'est à l'étude de ce problème que nous avons consacré de nombreuses expériences. Le moment de l'aborder nous semble venu, car les physiciens se sont mis d'accord pour établir des unités électriques d'un usage journalier en électrotechnie. Il est possible actuellement d'exprimer les faits en termes non équivoques en nous servant du langage précis de la physique. Le problème est loin d'être résolu, mais nous croyons être arrivé à quelques conclusions intéressantes et c'est ce qui nous engage à les résumer ici.

Le sujet que nous abordons a été quelque peu négligé. Nous entrons ici pour ainsi dire, sur un terrain vague entre la physiologie et la physique. Les médecins et, disons-le, les physiologistes ont souvent oublié que dans ce domaine, la physique doit nous servir de guide. Ils se sont souvent égarés dans des discussions stériles, édifiant sur des bases chancelantes des théories grandioses, où les mots sonores ont pris parfois la place des idées claires.

D'autre part, les physiciens sont restés strictement sur leur terrain. Les expériences physiologiques leur sont naturellement étrangères et ils ignorent souvent les *conditions toutes spéciales* dans lesquelles se fait chez l'homme et

les animaux l'application électrique. Nous n'en citerons qu'un exemple relatif à la *résistance électrique du corps humain* et comme ces données seront prises en considération dans le cours de cette étude, nous nous étendrons un peu longuement sur ce sujet.

Le physicien, dans ses expériences électriques, opère généralement sur des résistances stables, sur des résistances métalliques.

Dans les études portant sur des électrolytes, il peut se trouver en présence de résistances variables, de circuits dans lesquels naissent des forces contre-électromotrices. Mais les variations de résistance vraies ou apparentes que l'on peut observer dans ces conditions peuvent être qualifiées de minimales vis-à-vis de celles que nous constatons en électrothérapie.

On sait que l'application des courants se fait chez l'homme au moyen de plaques métalliques recouvertes de peau de daim, humectées d'eau chaude. Le principal obstacle à l'entrée et à la sortie du courant, réside dans la couche cornée de l'épiderme ; c'est là que la *résistance* est au maximum. Or les recherches de nombreux observateurs, Gärtner, Jolly, Stintzing et Græber, etc., ont montré que les courants galvaniques diminuent dans d'énormes proportions cette résistance de l'enveloppe cutanée. Ces expériences ont été faites de diverses manières, grossièrement par les méthodes de simple calcul ou de substitution, plus exactement par l'emploi du pont de Wheatstone. Elles montrent toutes *que la résistance du corps diminue à mesure que l'intensité du courant s'élève*. Le fait est bien facile à constater sans expériences délicates ; il saute aux yeux et peut être démontré par la simple lecture des déviations d'un galvanomètre intercalé dans le circuit. Citons-en un exemple :

Nous appliquons, sur la nuque du sujet, une plaque de cuivre nickelée recouverte de peau de daim bien humectée d'eau chaude salée. Cette plaque mesure  $\frac{8}{8}$  centimètres soit 64 <sup>cm</sup>. Une plaque semblable est appliquée sur la face antérieure de l'avant-bras. Ces électrodes sont fixées soigneusement par des liens élastiques. Nous faisons usage d'une batterie de piles Leclanché en très bon état et, pour simplifier le calcul, nous supposons la force électromotrice = 1,5 volt. Nous faisons agir sur la partie du corps intercalé successivement et pendant une minute un nombre croissant d'éléments de 1 à 20. Nous notons soigneusement pour chaque groupe d'éléments l'intensité au début et à la fin de la minute d'application, au moyen d'un bon galvanomètre étalonné en 1/10 de milliampère. Nous obtenons alors le tableau suivant, dans lequel les résistances ont été calculées simplement d'après la formule  $R = E/I$ :

Nombre d'éléments	Force électromotrice en volts.	Intensité en milliampères.			Résistance en ohms.		
1	1,5	0	—	0	0,45	?	3333
2	3,0	0,10	—	0,10	1,65	30000 — 30000	1818
3	4,5	0,20	—	0,25	3,0	22500 — 18000	1500
4	6,0	0,35	—	0,40	5,0	17140 — 15000	1200
5	7,5	0,50	—	0,60	7,0	15000 — 12500	1071
6	9,0	0,72	—	0,85	9,0	12500 — 10590	1000
7	10,5	1,05	—	1,25	11,0	10000 — 8400	954
8	12,0	1,55	—	2,0	13,0	7740 — 6000	923
9	13,5	2,40	—	3,0	15,0	5625 — 4500	899
10	15,0	3,60	—	4,50	18,0	4166 — 3330	833
11	16,5	5,40	—	6,50	20,5	3055 — 2530	804
12	18	7,50	—	9,0	23,0	2400 — 2000	782
13	19,5	10,0	—	12,50	26,0	1950 — 1550	760
14	21,0	14,0	—	16,25	28,0	1500 — 1270	750
15	22,5	18,0	—	20,25	31,0	1250 — 1110	725
16	24,0	22,0	—	25,0	33,5	1090 — 960	716
17	25,5	27,0	—	30,0	36,0	940 — 830	708
18	27,0	32,0	—	34,5	39,0	840 — 780	697
19	28,5	37,0	—	39,0	42,0	770 — 730	678
20	30,0	41,0	—	43,5		730 — 690	

Arrivé à 20 él. et ayant obtenu l'intensité à peine supportable de 43,5 milliampères, nous diminuons 1 à 1 le nombre d'éléments. Les chiffres correspondants à cette série descendante sont indiqués dans la troisième colonne des intensités et des résistances en regard des flèches pénétrées.

Un coup d'œil jeté sur ce tableau, nous montre que la résistance qui pour 2 éléments avait une valeur de 30000 ohms, tombe à 690 ohms par l'application successive du courant de 1-20 éléments. Le physicien pourra nous objecter que le calcul, fait ainsi, manque de précision et il soupçonnera que cette diminution de résistance n'est qu'apparente et tient à un phénomène de polarisation. En effet, un courant galvanique appliqué pendant une minute sur la peau, produit aux deux pôles des effets chimiques, des phénomènes de polarisation souvent intenses, et, par conséquent, un courant de sens opposé. La force électromotrice de ce courant de polarisation ne peut dépasser un certain maximum. L'intensité mesurée au galvanomètre doit donc croître plus rapidement que la force électromotrice. La diminution de résistance ne serait donc qu'apparente.

Mais, il n'en est pas ainsi.

Dans des conditions tout particulièrement favorables à la production des phénomènes de polarisation, nous avons mesuré par des méthodes irréprochables la force électromotrice de ces courants. Une plaque d'étain étant fixée à la nuque, l'autre pôle étant implanté sous forme d'une aiguille d'or dans les tissus du bras, nous avons fait passer successivement et pendant une minute le courant de 1 à 8 él. A la fin de chaque minute, les électrodes polarisées étaient mises en contact avec un condensateur

de 2 microfarads, puis on déchargeait ce condensateur sur le galvanomètre balistique. Comparant alors cette déviation avec celle produite par ce même condensateur chargé par un Daniell normal au potentiel de 1,09 volt, nous déterminions la force électromotrice du courant de polarisation. Nous la vîmes s'élever successivement à 0,8, 1, 1,5 et 1,85 volts, chiffre considérable dépassant quelque peu la valeur de la force électromotrice d'un élément Bunsen.

Cette force électromotrice de sens contraire doit être soustraite de la force électromotrice de courant de la batterie, et le calcul des résistances doit être corrigé en conséquence. Supposons pour simplifier que dès le début, la valeur de la force électromotrice de polarisation ait atteint le chiffre moyen de 1,5 volt. Nous aurons alors :

Nombre d'éléments	Volts.	E de polarisation.	Volts.	Intensité en milliampères.	Résistance en ohms.
1	1,5	- 1,5	= 0	: 0	= ?
2	3,0	- 1,5	= 1,5	: 0,40	= 15000
3	4,5	- 1,5	= 3,0	: 0,25	= 12000
4	6,0	- 1,5	= 4,5	: 0,40	= 11250
5	7,5	- 1,5	= 6,0	: 0,60	= 10000
6	9,0	- 1,5	= 7,5	: 0,85	= 8823
7	10,5	- 1,5	= 9,0	: 1,25	= 7200
8	12,0	- 1,5	= 10,5	: 2,0	= 5250
9	13,5	- 1,5	= 12,0	: 3,0	= 4000
10	15,0	- 1,5	= 13,5	: 4,5	= 3000
11	16,5	- 1,5	= 15,0	: 6,5	= 2307
12	18,0	- 1,5	= 16,5	: 9,0	= 1833
13	19,5	- 1,5	= 18,0	: 12,5	= 1440
14	21,0	- 1,5	= 19,5	: 16,25	= 1200
15	22,5	- 1,5	= 21,0	: 20,25	= 1037
16	24,0	- 1,5	= 22,5	: 25,0	= 900
17	25,5	- 1,5	= 24,0	: 30,0	= 800
18	27,0	- 1,5	= 25,5	: 34,5	= 739
19	28,5	- 1,5	= 27,0	: 39,0	= 692
20	30,0	- 1,5	= 28,5	: 43,5	= 655 !

Nous voyons donc que même en tenant compte du



courant inverse de polarisation, l'augmentation d'intensité n'est nullement proportionnelle à la force électromotrice, l'intensité croît beaucoup plus rapidement. Le phénomène ne peut s'expliquer que par une diminution très considérable des résistances de la peau, diminution si marquée qu'elle est démontrée même par une expérience exécutée grosso modo comme celle que nous venons de citer. Le fait s'impose et les critiques de détail qu'on pourrait faire au sujet de l'expérience n'infirmant en rien notre proposition.

En examinant la 3<sup>me</sup> colonne des intensités et en calculant simplement la résistance suivant la formule  $R = E/I$ <sup>1</sup>, il semble que cette diminution de résistance n'est pas très durable. La résistance reste, il est vrai, très réduite, puisque pour deux éléments nous trouvons une résistance de 1848 au lieu des 30000 ohms que nous calculions au début. Mais on constate que le chiffre de la résistance s'élève peu à peu à partir de 678 ohms, chiffre inférieur pour le courant de 19 éléments, jusqu'à 3333 ohms pour 1 élément. Cette augmentation de résistance lorsqu'on diminue le nombre d'éléments est *surtout* apparente. C'est ici qu'il faut tenir soigneusement compte du contre-courant de polarisation né sous l'influence de la galvanisation prolongée par des courants intenses. Supposons encore que la valeur de ce courant soit de 1,5 volts, nous obtiendrons pour les résistances les chiffres suivants :

<sup>1</sup> E représente ici la force électromotrice de la batterie, sans soustraction de la force électromotrice de polarisation.

Nombre d'éléments	Volts.	E de polari- sation.	Volts.	Intensité en milliampères.	Résistance en ohms.
20	30	- 1,5 =	28,5 :	43,5 =	655
19	28,5	- 1,5 =	27,0 :	42,0 =	642
18	27,0	- 1,5 =	25,5 :	39,0 =	653
17	25,5	- 1,5 =	24,0 :	36,0 =	666
16	24,0	- 1,5 =	22,5 :	33,5 =	671
15	22,5	- 1,5 =	21,0 :	31,0 =	677
14	21,0	- 1,5 =	19,5 :	28,0 =	696
13	19,5	- 1,5 =	18,0 :	26,0 =	692
12	18,0	- 1,5 =	16,5 :	23,0 =	717
11	16,5	- 1,5 =	15,0 :	20,5 =	731
10	15,0	- 1,5 =	13,5 :	18,0 =	750
9	13,5	- 1,5 =	12,0 :	15,0 =	800
8	12,0	- 1,5 =	10,5 :	13,0 =	807
7	10,5	- 1,5 =	9,0 :	11,0 =	818
6	9,0	- 1,5 =	7,5 :	9,0 =	833
5	7,5	- 1,5 =	6 :	7,0 =	857
4	6	- 1,5 =	4,5 :	5,0 =	900
3	4,5	- 1,5 =	3 :	3,0 =	1000
2	3	- 1,5 =	1,5 :	1,65 =	909
1	1,5	- 1,5 =	0 :	0,45 =	?

Nous voyons, d'après ce tableau corrigé, que la diminution de résistance produite par les courants galvaniques est très durable et persiste pour les courants faibles qui succèdent aux courants forts.

Comme nous l'avons dit, les phénomènes que nous signalons ont été constatés par divers observateurs, à l'aide de méthodes beaucoup plus précises que celles que nous avons employées pour cette démonstration. La diminution de la résistance sous l'influence de l'intensité croissante du courant est un fait admis en électrothérapie.

On attribue cette diminution de résistance à trois causes principales :

1° A l'action électrolytique qui imbibe l'épiderme d'acides et d'alcalis, meilleurs conducteurs que les solutions salines dont ils dérivent ;

2° A l'action cataphorique (phénomènes de transport) qui déterminent un afflux de liquide au pôle négatif.

3° A la dilatation des vaisseaux sanguins. On sait que les courants galvaniques produisent aux deux pôles une plaque érythémateuse rappelant la rougeur provoquée par la sinapisation.

Les deux premières causes, électrolyse et cataphorèse, sont certainement les plus actives, car on obtient sur le cadavre des résultats presque semblables quoique un peu moins marqués. Sur un cadavre, nous avons réussi à réduire la résistance de 15,000 à 1,500 ohms.

Nous pouvons donc dire que les courants galvaniques, en vertu de leur action électrolytique, cataphorique et vaso-dilatatrice produisent un abaissement considérable et durable de la résistance épidermique.

Cette propriété des courants constants est même très importante pour le médecin. On emploie en électrothérapie des courants intenses jusqu'à 100 et 200 milliam-pères. Si la résistance conservait la valeur qu'elle a souvent pour un ou deux éléments, par exemple : 15,000 ohms, il nous faudrait des batteries de 1,500 à 3,000 volts pour obtenir l'effet désirable! Ce n'est donc pas la puissance de nos batteries de 20-50 éléments qui nous permet d'obtenir l'intensité voulue. Nous n'arrivons à cette intensité que grâce à cette propriété curieuse des courants galvaniques de diminuer la résistance de l'épiderme.

On a cru longtemps que les courants d'induction ne pouvaient avoir une action analogue. Les effets d'électrolyse, de cataphorèse et de dilatation vasculaire, tout en étant très prompts, demandent pourtant un certain temps pour s'établir et il semble, à priori, impossible que les

courants d'induction dont la durée se mesure par millions de seconde puissent produire ces effets.

Une expérience superficielle semble confirmer ces vues. Appliquons sur une partie du corps, le courant de 10 éléments Leclanché et supposons que le galvanomètre indique une intensité de 5 milliampères. La résistance est donc 14 volts / 0,005 ampères = 2,800 ohms. Faisons maintenant passer, pendant 10 minutes, le courant le plus intense d'un appareil d'induction. Renouvelons après cela l'application galvanique et nos 10 éléments nous donneront de nouveau la même intensité de 5 milliampères. Le courant d'induction n'a donc modifié en rien la résistance du corps, pour le courant galvanique qui lui succède.

Cependant, un professeur de Vienne, le Dr Gaertner<sup>1</sup> vient de montrer que la résistance du corps est variable aussi pour les courants d'induction, *qu'elle est plus petite pour le courant d'ouverture que pour celui de fermeture.*

On sait que ces deux courants, de fermeture ou inverse, d'ouverture ou direct, lancés sur un circuit où est intercalé un galvanomètre balistique donnent des déviations opposées, mais égales, parce que malgré leurs tensions différentes, ils ont la même *quantité*.

Le courant d'ouverture a une forte tension et une courte durée; celui de fermeture a une tension plus faible, mais une durée plus longue. Le produit  $Q = \int I dt$  est le même. Si on laisse le jeu libre au trembleur, le galvanomètre reste au 0, l'aiguille étant poussée par des

<sup>1</sup> Dr G. Gaertner. Ueber den electr. Widerstand des menschlichen Körpers gegenüber Inductionsströmen, Separatabdruck aus den medicinischen Jahrbüchern. Neue Folge. Jahrgang 1888.

courants de même quantité et de sens opposé. C'est là ce qu'enseignent les traités de physique.

*Par contre, si le corps humain est intercalé dans le circuit, on observe un fait inattendu : les déviations galvanométriques mesurant la quantité des courants, sont plus grandes pour le courant d'ouverture que pour celui de fermeture et si on laisse vibrer le trembleur, l'aiguille au lieu de rester au 0 comme la physique l'indique (poussée qu'elle est par deux courants de même quantité et de sens opposé), dévie fortement dans le sens du courant d'ouverture.*

Un de nos élèves le Dr Stauffer a contrôlé sous notre direction ces expériences et les a confirmées pleinement. \*

Nous citerons ici une de ces expériences où la différence de quantité des deux courants est particulièrement marquée. Elle est faite dans les conditions suivantes :

L'appareil d'induction est un chariot de Dubois-Reymond dont l'hélice primaire a 1100 tours d'un fil de 0,8<sup>mm</sup>. La résistance de cette hélice est de 3,87 ohms et le courant est fourni par quatre éléments Callaud de grand volume dont la force électromotrice est d'environ 1 volt, la résistance intérieure environ 1,5 ohms. L'intensité du courant inducteur est donc d'environ  $4 \text{ volts} / 3,87 + 6 \text{ ohms} = 4 / 10 = 0,4$  ampères. L'hélice secondaire a 10050 tours de fil fin de 0,2<sup>mm</sup> et une résistance de 1030 ohms. Le galvanomètre balistique intercalé dans le circuit a une résistance de 4905,3 ohms soit en chiffres ronds 5000 ohms.

Nous fixons au bras et à l'avant-bras du sujet deux

\* Études sur la quantité des courants d'induction employés en électrothérapie, par le Dr Stauffer. Thèse présentée à la Faculté de médecine de l'Université de Berne, 1890. Publiée aussi dans *Mittheilungen der bern. naturforsch. Gesellschaft*. 1890.

électrodes de zinc amalgamées recouvertes de charpie-ouate imbibée d'une solution de sulfate de zinc. Les fermetures et ouvertures du courant inducteur se font à la main au moyen d'une clef de Morse. L'expérience étant ainsi disposée, nous constatons l'absence de forces électromotrices dans le circuit. Faisant une *fermeture et une ouverture* à des distances variables d'écartement de 2 hélices, nous obtenons les chiffres suivants :

Distance des bobines en millimètres.	Déviations pour le courant		
	de fermeture.	%,	d'ouverture.
100	3	66	4,5
90	4	50	8
80	6	43	14
70	8	33	24
60	10	26,3	38
50	13	23	56
40	17	20	75
30	20	21	94
20	24	20	118
10	28	22	124
0	31	24	130

Nous avons indiqué dans la colonne du milieu, la valeur de la fermeture en %, de l'ouverture.

La prédominance du courant d'ouverture est ici très marquée. Au début à 100<sup>mm</sup> d'écartement des hélices, le courant de fermeture représente encore le 66 %, de l'ouverture. A mesure que la tension s'élève par l'emboîtement progressif des bobines, la différence de quantité des deux courants s'accroît et déjà à 40<sup>mm</sup> la quantité du courant de fermeture est à celle du courant d'ouverture comme 20 : 100 !

Si on laisse le jeu libre au trembleur, le galvanomètre est dévié au delà de l'échelle et reste dans cette position aussi longtemps que le courant circule !

Pour plus amples détails sur ce sujet nous renvoyons au travail du Dr Stauffer.

Variant les conditions d'expérience, nous avons réussi à trouver la cause de cette prédominance de courant d'ouverture au point de vue de sa *quantité*. Le courant d'ouverture a plus de quantité parce que en vertu de sa tension plus forte, il réussit à franchir des *résistances de surface, de contact ou de passage* qui arrêtent au contraire le courant moins tendu de fermeture.

On sait que le courant d'ouverture d'un appareil d'induction peut franchir la résistance d'une couche d'air sous forme d'étincelles. Le phénomène est facilement constatable lorsqu'on applique les courants à l'aide des pinceaux métalliques. De même quand on emploie des électrodes humides et appliquées sur la peau on voit chez des malades dont l'insensibilité permet l'application des courants très forts, de petites étincelles s'échapper de la périphérie de l'électrode, malgré le contact établi au centre de celle-ci. La tension est assez forte pour que l'électricité s'échappe partout, même par les voies où les conditions de conductibilité sont défavorables. C'est un phénomène analogue à celui qui peut se présenter en hydraulique. Supposons un tube contenant de l'eau sous forte pression, si l'ouverture d'écoulement est trop petite, on verra l'eau sourdre par tous les points, s'échapper par les joints, les fentes du tuyau.

Le courant de fermeture ayant moins de tension, combattu qu'il est par la naissance de l'extracourant, ne possède pas cette propriété. Il ne peut franchir la résistance d'une couche d'air.

Ces considérations nous amènent à appliquer la prédominance du courant d'ouverture de la manière suivante :

Les électrodes de peau de daim employées en médecine ont, même lorsqu'elles sont bien humectées, une surface inégale ; la surface cutanée est également rugueuse et présente des parties conductrices (ouverture de canaux sébacés et sudoripares) et des parties résistantes (endroits dépourvus de glandes). Le courant de fermeture, en raison de sa tension faible ne peut franchir la résistance qu'aux endroits où un contact vrai, presque parfait est établi. Pour ce courant, une partie seulement de la surface de l'électrode peut être considérée comme étant en contact avec le corps. La résistance étant toutes choses égales d'ailleurs en raison inverse de la surface de l'électrode, la résistance sera donc plus grande et les déviations galvanométriques mesurant la quantité seront petites.

Le courant d'ouverture, par contre, en vertu de sa haute tension passera même par les points où le contact n'est pas intime. La mince couche d'air qui, sur différents points, est encore interposée entre l'électrode et la peau, n'arrête pas ce courant plus tendu ; il pénètre, pour ainsi dire, par toute la surface de l'électrode. La surface d'application est agrandie et les déviations galvanométriques deviennent plus grandes.

C'est un phénomène analogue à celui que les physiiciens ont constaté à l'aide des tubes de Holtz à soupape (Holtz'sche Ventilröhre). Ces tubes dans lesquels sont placés de distance en distance des entonnoirs de verre, laissent passer le courant d'ouverture, mais arrêtent celui de fermeture.

Cette théorie, nous donne la clef d'un fait dont nous avons vainement cherché l'application dans les traités spéciaux. On sait que les courants d'induction à interruptions rapides (au trembleur) fermés sur un voltamètre ne



donnent lieu à aucune décomposition, les courants alternatifs ayant même quantité et étant de sens opposé. Cependant, le médecin qui veut reconnaître le signe de ses pôles, peut très bien fermer le courant de l'appareil d'induction sur du papier amidonné, imbibé d'une solution d'iodure de potassium. Il verra une tache bleue indiquer *le pôle positif du courant d'ouverture*. En effet, en appliquant un fil métallique sur du papier humecté, on établit de très grandes résistances de contact, de passage : le courant d'ouverture la franchit, *pénètre par une surface plus étendue*. Il a donc une quantité plus grande, par conséquent, un effet chimique plus grand et la décomposition se fait comme si les courants de fermeture n'existaient pas.

La théorie que nous avons exposée demandait à être soutenue par des expériences.

Si vraiment la prédominance du courant d'ouverture tient à ce qu'il peut franchir des résistances de contact, de passage, il fallait arriver :

1° A constater le phénomène avec un électrolyte quelconque ;

2° A supprimer cette prédominance quand le corps est interposé.

C'est à quoi nous avons réussi.

Si dans une cuvette d'eau on plonge l'extrémité d'électrodes recouvertes de peau de daim *sèche*, on constate immédiatement que les déviations sont plus grandes pour le courant d'ouverture. Si au contraire on plonge les électrodes entières en les humectant complètement, les déviations deviennent égales pour les deux courants.

En expérimentant sur le corps, on arrive à supprimer

les résistances de passage en faisant usage du bain de pieds comme électrode. Le contact est alors presque parfait et nous retrouvons alors la loi physique qui attribue aux deux courants de fermeture et d'ouverture le même effet galvanométrique.

Résumant nos connaissances relatives à la résistance du corps, nous dirons :

Le courant galvanique diminue dans d'énormes proportions la résistance cutanée, si bien que lorsqu'on augmente le nombre d'éléments, l'intensité mesurée au galvanomètre croît beaucoup plus rapidement que la force électromotrice. Cette diminution de résistance est due surtout aux effets électrolytiques, cataphoriques et vasodilatateurs des courants constants. Il faut, en outre, tenir compte des résistances de passage ou de contact, toujours moindres pour des courants de tension élevée. Cette diminution de résistance est durable, elle persiste pour le courant plus faible qui succède. Elle est constatable plusieurs heures après l'application. *C'est une vraie diminution de la résistance de l'épiderme.*

Les courants d'induction ont trop peu de quantité pour produire ces effets. Par contre, grâce à leur énorme tension ils franchissent la résistance même aux points où le contact est mal établi, où une couche d'air microscopique sépare l'électrode de la peau. Le courant d'ouverture possède cette propriété à un bien plus haut degré que celui de fermeture. Il diminue pour ainsi dire les résistances sur son passage. Mais cette diminution n'est que passagère. Immédiatement après le passage du courant, la résistance reprend une valeur qui dépendra de la tension du courant qui suivra. Elle est variable pour des fermetures et ouvertures se succédant dans un court espace de temps.

Ce n'est plus une diminution vraie de la résistance de la peau, mais *une variation des résistances de contact, de passage*, ce que les Allemands désignent sous le nom d'Uebergangs-Widerstand.

Cette théorie nous fait comprendre pourquoi les observateurs qui ont mesuré la résistance du corps pour des courants d'induction l'ont toujours trouvée plus petite que pour les courants constants. En effet, les courants d'induction ont plus de tension que les courants constants.

Enfin la connaissance de ces faits nous explique pourquoi le plus souvent en mesurant des résistances liquides par la méthode de Kohlrauset (courants d'induction à intermittences rapides, pont et téléphone) on n'arrive pas à obtenir le silence. En effet la résistance varie continuellement et n'est pas la même à la fermeture et à l'ouverture.

Ce sont là des conditions bien particulières de résistance du circuit que les physiiciens ne retrouvent pas dans leurs expériences ordinaires et qui compliquent singulièrement les recherches sur l'action physiologique des courants.

(A suivre.)

## SOIXANTE-TREIZIÈME SESSION

DE LA

## SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

### DAVOS

Les 18, 19 et 20 août 1890.

(Suite et fin <sup>1</sup>.)

---

### Botanique.

*Président* : M. Marc MICHELI, de Genève.

*Secrétaire* : M. AMANN, de Davos.

Séance de la Société de botanique suisse. — Dr Früh. Étude de la tourbe. — Prof. Tschirch. Contribution à l'anatomie et à la physiologie des graines. — Dr Fischer. La *Trichocoma paradoxa*. — Prof. Chodat. Systématique des Craméridées. — Prof. Chodat. Production d'amidon dans les pseudobulbes du *Calanthe bulbosa*. — Prof. Chodat. Malpighiacées du Paraguay. — Schinz. Synonymie du *Potamogeton javanicum*. — Prof. Wolff. Stations botaniques valaisannes à Zermatt et au Grand Saint-Bernard. — Dr Amann. Mousses nouvelles de Davos. — Dr Amann. Polarisation dans les membranes des mousses. — Micheli. Fertilité des fleurs de *Montbretia crocosmiflora*. — Micheli. Dépôt de fascicules de la Flore du Paraguay. — Brubin. *Exsiccata* tératologiques.

Avant l'ouverture de la séance de la section de botanique, la *Société botanique suisse*, dont la fondation a été

<sup>1</sup> Pour la première partie de ce compte rendu, *physique-chimie* et *géologie*, voyez *Archives*, 1890, tome XXIV, p. 381.

décidée à Lugano en 1889, a tenu sa première assemblée générale et s'est définitivement constituée en stipulant que ses réunions auraient toujours lieu conjointement avec celles de la Société helvétique des Sciences naturelles. Elle sera administrée par un comité central, qui publiera un bulletin, dont la rédaction est confiée à une commission spéciale de trois membres <sup>1</sup>.

La réunion adopte les résolutions suivantes :

1° Approbation de la publication du comité d'initiative.

2° Admission de la Société botanique de Genève comme section de la Société botanique suisse.

3° Adoption en bloc du projet de statuts préparé par le comité d'initiative.

4° Nomination au comité définitif des membres du comité d'initiative.

5° Nomination de membres honoraires :

MM. prof. Caruel, de Florence, qui, à Lugano, présidait la section de botanique où s'est formée la Société suisse ;

Alph. de Candolle, de Genève ;

Prof. Flückiger, à Strasbourg ;

Prof. Nägeli, à Munich ;

Prof. Schwendener, à Berlin.

Dans la première assemblée générale, M. le Dr FRÜH a présenté des considérations sur l'*étude de la tourbe*.

Les marais tourbeux sont d'origine alluviale ; dans chacun d'eux il faut distinguer la tourbe proprement

<sup>1</sup> Le comité est composé de MM. Christ, à Bâle, Ed. Fischer, à Berne, prof. Chodat, à Genève, prof. Schröter, à Zurich, prof. Wolff, à Sion.

dite de la végétation superficielle qui la recouvre. Les éléments constitutifs de cette dernière ne sont point toujours identiques à ceux de la tourbe elle-même, et, suivant leur nature, on peut distinguer en Europe trois types principaux de marais tourbeux :

1. *Sphagneto-eriphoro-callunetum* (marais émergés de Lesquereux), plus ou moins bombés à la surface (Hochmoore). Dans l'Europe centrale, ce type est toujours accompagné de *Sphagnum* et peut se rencontrer sur les pentes de montagnes sans eau stagnante.

2. *Hypneto-cariceto-graminetum*. Ce type offre différentes variétés suivant l'importance que prend l'un ou l'autre des éléments constitutifs, mais c'est toujours un marais plat, jamais bombé et demandant à être constamment pénétré d'eau stagnante ou coulant lentement.

3. *Marais émergés reposant sur des marais plats*. Ce sont les plus répandus dans les régions préalpines de l'Allemagne centrale, de la Bohême, de la France. Dans notre pays, ces marais sont le plus souvent couverts de *Pinus montana* var. *uncinata*, dont le feuillage sombre donne au paysage un aspect septentrional.

Au point de vue de l'exploitation pratique, les marais tourbeux peuvent aussi être utilisés soit pour la production de litière (*Torfstreu*), qui, par des soins appropriés, peut être augmentée chaque année; soit pour le produit de combustible (*Torfmulle*), traité par des machines spéciales.

Certains marais tourbeux peuvent être améliorés par le dessèchement et la culture; mais, pour exécuter ces travaux, une connaissance exacte des sous-sols est absolument nécessaire à cause de la grande proportion de sulfure double de fer qui s'y rencontre parfois.

L'auteur a étudié soigneusement les progrès de la formation de la tourbe, si imparfaitement connus jusqu'à aujourd'hui. En l'absence de réactifs exacts, il est difficile de diagnostiquer les éléments les plus importants de la tourbe (Ulmine, Humus).

Voici pratiquement leurs caractères :

1° Une fois desséchés, ils absorbent l'eau difficilement. De là proviennent les qualités combustibles de la tourbe.

2° Les acides ulmiques et humiques sont solubles dans l'eau et produisent avec les bases alcalines des sels solubles eux-mêmes. Avec les terres alcalines et les oxydes métalliques, ils produisent des sels insolubles. Ce fait explique la dissolution graduelle des minéraux basiques dans le sous-sol des marais ; la pauvreté en alcali de toutes les tourbes et la grande proportion qu'en renferment les dépôts des eaux de tourbières.

Grâce à des matériaux venant de différentes parties de l'Europe, à l'examen de plus de 3000 préparations microscopiques, grâce à l'étude d'un grand nombre de profils et à des expériences chimiques, l'auteur a pu réunir bien des documents relatifs au développement et à la formation de la tourbe.

Les éléments des cendres sont *essentiels* ou *accessoires* ; ces derniers sont des sédiments déposés dans les marais de tourbe. Le plus souvent, leur azote provient de débris de carapaces de crustacés microscopiques ou de larves d'insectes.

A l'exception des diatomées, toutes les plantes peuvent également bien produire de la tourbe. Les petites plantes aquatiques en fournissent à peine, ne végétant pas en assez grandes masses. Il n'y a pas de tourbe marine.

Les *Hypnum* et les *Sphagnum* se transforment lentement, mais produisent une tourbe homogène de bonne qualité. Les membranes lignifiées se transforment en tourbe aussi bien que la cellulose. Parmi les éléments les plus réfractaires à la transformation, on peut citer les filaments du micélium de champignons souterrains qui se développent sur les racines des Vaccinacées et des autres arbustes.

Le gel, la pression extérieure ne jouent aucun rôle dans la formation de la tourbe, qui ne dérive pas non plus d'une fermentation lente, puisque les marais tourbiers sont froids et que l'on rencontre au sein de la tourbe les algues unicellulaires intactes.

La formation de la tourbe est donc une lente décomposition des plantes dans une température basse, en dehors de tout excès d'oxygène.

On a pris les acides ulmiques et leurs sels alcalins tantôt pour des ferments, tantôt pour des agents antiseptiques. La première opinion doit être mise de côté; pour la seconde, des faits précis manquent encore, quoique quelques observations aient déjà été faites dans ce sens. Les premières traces de tourbe affectent la forme de petites sphères répandues dans la masse et l'envahissant peu à peu tout entière. Les membranes végétales peuvent se transformer directement en tourbe en conservant toute leur texture. Il n'est pas probable que des microorganismes jouent un rôle dans le phénomène, mais des recherches sur ce point seraient désirables.

Les éléments de la tourbe ne paraissent pas être attaqués par les ferments; de l'humus préparé, d'après la méthode de Sacc, par M. Früh le 12 mars 1883, conservé dans l'eau dans des conditions favorables au déve-



loppement des bactéries a été retrouvé parfaitement intact en 1890.

M. Fröh souhaite que, comme dans d'autres pays, les marais tourbeux deviennent l'objet de recherches scientifiques. Ces recherches donneraient non seulement des renseignements utiles sur l'extension des anciens glaciers et des anciens lacs, mais elles répondraient en même temps à une foule de questions pratiques.

De 1885 à 1889, en Suisse, on a dépensé chaque année : pour la tourbe, 188,259 francs ; pour des litières, 659,070 francs.

M. A. TSCHIRCH. *Contributions à l'étude physiologique et biologique des graines.*

I. ENVELOPPES SÉMINALES. A. *Couches de sclérenchyme* « *Sclereidenschicht.* » La structure de ces couches est en relation directe avec la maturation des graines et vise surtout la préservation de celles-ci contre les alternatives de sécheresse et d'humidité du sol et contre les pressions qu'il exerce. Leur fonction se résume à mettre la graine à l'abri des accidents extérieurs et à empêcher l'introduction de parasites animaux et végétaux. A cette fonction spéciale correspond non seulement l'épaississement des membranes cellulaires, mais aussi un dépôt d'éléments variés dans les différentes couches. Chacune d'entre elles joue un rôle particulier de résistance, l'une à la *pression radiale*, l'autre à la *flexion* une autre aux *forces tangentielles*. Ainsi se trouve établi un système d'après lequel les provisions de substances nutritives destinées à la jeune plantule sont mieux à l'abri des accidents extérieurs.

B. *Épiderme mucilagineux*. Des expériences faites sur

des lins <sup>1</sup>, montrent que l'épiderme mucilagineux a pour principale fonction de fixer au sol la graine au moment de la germination.

C. *Couche nutritive*, « Nährschicht. » Toutes les enveloppes séminales possèdent une couche de cellules parenchymateuses qui le plus souvent s'oblitére au moment de la maturité et renferme auparavant de l'amidon, de l'eau et d'autres substances destinées au développement des couches et en particulier de la couche de sclérenchyme. Cette couche nutritive constitue donc une *réserve transitoire*, « Transitorischer Reservebehälter. » Elle disparaît, lorsque le contenu des cellules est absorbé sous l'influence de la pression exercée par la graine qui grossit; pendant le dernier stage, les couches externes en se desséchant exercent aussi une pression de dehors en dedans. Chez le Lupin, ce phénomène est si prononcé que le diamètre de la graine mûre mais encore verte est double du diamètre de la même graine desséchée.

II. ÉLÉMENTS DE RÉSERVE ET ENDOSPERME. A. *Aleurone*. Le gonflement dans l'eau des graines inactives ne peut produire une dissolution partielle que sur la substance amorphe des grains d'aleurone; jamais les cristaux et cristalloïdes ne sont attaqués par ce simple procédé. Ils ne se dissolvent que sous l'influence de la germination elle-même et ne commencent qu'avec les premières manifestations vitales du jeune germe. Les cristalloïdes en voie de formation ou de décomposition ne peuvent pas être restitués à leur forme primitive par l'enlèvement d'eau.

b. Des *Nuclei* ce rencontrent dans toutes les cellules de l'endosperme et de périsperme. Ils jouent un rôle dans

<sup>1</sup>. Tschirch, Angew. Pfl. Anat. p. 204.

la formation de ces cellules et dans l'accumulation de principes nutritifs dans leur sein; en outre à leur présence est intimement lié le phénomène de la dissolution des principes nutritifs au commencement de la germination. Il persiste bien après tous les autres éléments contenus dans la cellule et ne disparaît qu'en dernier.

c. *Endosperme mucilagineux* « Schleimendosperm. » Il n'y a pas de couche mucilagineuse dans les graines elles-mêmes. Les dépôts mucilagineux se rencontrent toujours dans l'endosperme et les couches qu'ils forment sont dans la germination, absorbées absolument comme les membranes cellulodiques, et doivent par conséquent être considérés comme des éléments de réserve.

d. *Tissu conducteur des éléments de réserve.* Il y a un rapport évident entre la structure anatomique de l'endosperme, du péricarpe et l'embryon. Dans les graines où l'embryon ou son suçoir occupe une position centrale, il est facile de reconnaître dans les cellules de l'albumen une disposition rayonnante autour de l'embryon. La couche interne de l'endosperme est toujours oblitérée. Au moment de la germination, elle se dilate, s'applique contre le germe, et fonctionne comme un suçoir. (Quellgewebe.)

III. GERME ET GERMINATION. a) *Alternance de fonctions et chlorophylle dans les cotylédons des plantes dicotylédones.* Lorsque les graines germent sur terre, l'aleurone se dissout et l'on voit apparaître de la chlorophylle dans les chromatophores, qui existaient précédemment et qui se multiplient rapidement. Chez les Lupins, on trouve déjà de la chlorophylle dans les graines avant leur maturité; elle disparaît complètement au moment où la graine se dessèche pour réapparaître au moment de la germination. C'est au moyen de ma méthode pour la détermination

quantitative de la chlorophylle. (Ber. d. deutsch. botan. Gesell. V, p. 132) que j'ai pu étudier ce phénomène d'alternance. Le maximum de chlorophylle se rencontre au moment où la graine mûre est encore gorgée de liquide et le minimum au moment où la graine mûre est desséchée. Au moment de la germination, il se produit dans toutes les graines dicotylées épigées dépourvues d'endosperme, un changement de fonction : les tissus accumulateurs se transforment en organes d'assimilation.

b) Des éléments éliminés et du tannin peuvent se rencontrer dans les réserves de beaucoup de graines tropicales.

c) *Suçoïr*, « Saugorgan. » Toutes les graines monocotylées pourvues de tissu accumulateur « Speichergewebe, » endosperme, périsperme, possèdent un suçoïr qui, au moment de la germination, reste plongé dans la graine pour absorber le contenu des tissus nutritifs. Cet organe est tantôt un *scutellum* (type des Graminées, *Centrolepis*), tantôt il est en forme de massue, ou foliacé, ou filiforme (type des Zingibéracées, Marantacées, Cannacées, Liliacées, Amaryllidées, Juncacées, Iridées, Dioscorées, Broméliacées, Restiacées, Typhacées, Aracées, etc.); ailleurs, sa forme est peu déterminée, il grossit beaucoup au moment de la germination et pénètre profondément dans l'endosperme (type des Palmacées, Cypéracées, Commelinales, *Musa*). L'épiderme en est quelquefois hérissée de papilles.

Les Gnétacées et les Cycadées présentent une organisation analogue; on peut également considérer comme homologue du suçoïr, le « pied » de l'embryon dans les cryptogames vasculaires et le « pied » de la capsule des mousses.

Des recherches comparatives étendues à toutes les monocotylédones montrent que dans les familles dépourvues d'endosperme (Hélobiées, Najadées), l'organe en forme de massue qui enveloppe la plumule est bien réellement un cotylédon. D'autre part, dans les familles des types Zingibéracées et Palmées (graines à endosperme), il est évident que le suçoir et la gaine de la gemmule (*Coléoptile*, *Pilole*) forment un seul et même organe : le cotylédon. Celui-ci se compose donc d'une partie engainante, enveloppant d'abord la plumule (*Coléoptile*), d'un organe qui reste plongé au sein de la graine (suçoir) et d'une partie intermédiaire allongée plus ou moins filiforme (*col* du suçoir).

Chez les Graminées et chez les graines à axe hypocotylé renflé (« *Keimknöllchen*, • bulbille germinative) *Ruppia*, *Hydrocharis*, *Orchis*, *Halophila*, *Zostera*, *Pothos*, c'est la coléoptile qui représente le cotylédon; la signification morphologique du scutellum et de la bulbille germinative est encore incertaine.

d) Chez les Palmées, Zingibéracées, Musacées, Marantacées, Commelynées, Typhacées, Lemnacées existe une sorte d'obturateur (Deckel, Pfropf.) au point de sortie du germe qui le soulève et le déplace; des organes analogues se rencontrent chez les Pandanus, beaucoup de Cypéracées et de Restiacées.

M. le Dr Ed. FISCHER, de Berne, communique le résultat de ses recherches sur le *Trichocoma paradoxa*, champignon découvert par Junghuhn à Java<sup>1</sup>. Ce végétal a dernièrement attiré l'attention, ayant été considéré par

<sup>1</sup> Publié *in extenso* dans la *Hedwigia*.

Massea comme un lichen avec fructification de Gastromycète. Celle-ci est formée d'une enveloppe basilaire, cupuliforme, du fond de laquelle s'élève un corps cylindrique enveloppé d'une mince membrane et formé principalement de spores entremêlées de *capillitium*. Vers la base de ce corps cylindrique, on trouve des spores encore très jeunes, et l'auteur a pu (ce qui avait échappé à ses devanciers) prouver qu'ils se développent dans des *asci*: ceux-ci dérivent très probablement de cellules d'hyphe modifiées dans leur taille et dans leurs contours. Au point de vue systématique, le *Trichocoma* doit être placé parmi les Tubéracées dans le groupe des *Terfezia*; il forme toutefois un type assez spécial, caractérisé par l'ouverture unilatérale de la péridiole et par la forme colonnaire de la masse des spores. Le développement des *asci* est analogue à celui qu'a décrit M. Brefeld pour le *Penicillium*.

M. le prof. CHODAT présente un travail monographique sur la *famille des Kramériacées*. Cette petite famille, proposée par Klotsch et Grisebach, a été réunie par presque tous les auteurs aux Polygalacées. Grisebach a montré l'affinité qu'elle présente avec les Césalpiniées. La structure florale est semblable dans ces deux groupes, et la ressemblance apparaît plus nettement si on compare les Kramériacées avec le groupe des Cassiées. En effet, la réduction dans l'androcée, la déhiscence des anthères, la soudure des étamines, la zygomorphie et l'aspect général sont semblables. Cependant, l'orientation des parties constituantes est contraire: ce qui est antérieur chez les Cassiées est postérieur chez les Kramériacées, en outre, les Cassiées sont périgynes, les Kramériacées hypogynes. Les prétendues affinités avec les Polygalacées sont plus qu'obscures;

les Kramériacées sont dépourvues du pollen caractéristique des Polygalacées, le leur est à trois plis. Les deux carpelles des Polygalacées sont réduits à un seul chez les Kramériacées. En outre, jamais les Polygalacées n'ont de feuilles composées, tandis que *K. Cytisoides* a des feuilles trifoliées. M. Baillon a donné dans *Adamsonia*, XI, p. 15, tab. 3, une excellente dissertation sur la structure et le diagramme de la fleur de cette petite famille. Je ne puis cependant accepter l'opinion qu'il défend au sujet des glandes hypogynes. Il les considère comme des formations accessoires de nature discoïdale, tandis qu'elles sont pour moi des pétales épaissis. Les raisons qui parlent en faveur de cette dernière manière de voir sont que la position de ces squames est constante et correspond à celle de deux pétales typiques, disparus comme tels. En outre, on n'a jamais observé l'évolution des pétales à côté des glandes hypogynes.

Tous sont des arbustes ou des sous-arbustes rameux, à feuilles constamment alternes, sans stipules, toujours poilues, souvent tomenteuses, ordinairement simples, rarement composées (trifoliées).

Les fleurs sont toujours situées à l'aisselle de feuilles réduites, pédunculées ou rarement subsessiles, à pédicelles munis de deux bractées subopposées. Il y a cinq sépales libres au calyce, qui se réduisent, par avortement, dans quelques espèces à quatre sépales; ils sont poilus extérieurement et ordinairement colorés intérieurement. L'antérieur et premier apparu est médian et souvent plus développé que les autres; le cinquième intérieur gauche est toujours moins développé, moins épaissi, ou quelquefois complètement avorté.

Les cinq pétales, dont deux antérieurs, ont l'appar-

rence de squames charnues et sont de forme variable; trois sont postérieurs; l'un, le médian, avorte chez *K. triandra*. Ils sont tantôt complètement libres, *K. canescens*, *K. Cytisoides*, tantôt soudés sur une partie variable de leur longueur en une monadelphie incomplète, quelquefois soudée elle-même à l'androcée. Les étamines sont en deux verticilles pentamères, le plus souvent méconnaissables à cause des suppressions profondes qu'ils subissent. Dans la plupart, le verticille intérieur est complètement supprimé avec l'étamine médiane du verticille extérieur, ce qui porte à quatre le nombre des étamines. De même que dans la monadelphie corollaire, le pétale médian postérieur tend à diminuer; dans l'androcée, ce sont les deux étamines postérieures qui sont plus courtes. Cette tendance, qui est manifeste chez toutes les espèces, se trouve réalisée dans la fleur de *Krameria triandra*. Ici, les deux étamines en question ont complètement disparu, de même que le pétale médian. On sait que les modifications qui affectent un verticille agissent corrélativement sur un autre verticille. Je l'ai démontré pour la fleur obdiplostemonée des *Sempervivum*<sup>1</sup>; ici la chose est tout aussi manifeste. La disparition du pétale médian provoque l'apparition d'une étamine, qui, dans le type général de la famille, a disparu. C'est une raison de place qui détermine cet arrangement. La fleur aberrante de *Krameria triandra* se trouve donc ainsi expliquée par la tendance générale de la famille; elle n'en est que le point terminal et représente peut-être un type plus nouveau que les autres.

Chez *K. cytisoides* les deux étamines courtes se soudent sur toute leur longueur.

<sup>1</sup> *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1888, XX, p. 586.



L'ovaire est toujours uniloculaire, hirsute; le style simple, mince, cylindrique. Le fruit est globuleux, indéhiscent, dur, couvert d'aiguillons crochus ou lisses, monosperme. L'embryon droit est dépourvu d'albumen.

## SYNOPSIS KRAMERIACEARUM.

I. Foliis simplicibus.

II. Foliis ternatis.

I. Foliis simplicibus.

A. Triandræ. Petala 2, stamina 3.

1. *Kr. triandra* Ruiz et Pav.Syn. *K. Iruca* Phil., *K. canescens* Wildn. Hb.Var. *Humboldtiana*,

magis canescens et sericea (v. s. in Hb. Wildn.),

*K. canescens* Wildn.

B. Tetrandræ. Petala 3, stamina 4.

† Sepala 5,

α Petala staminaque ad basin libera.

2. *K. canescens* Gray.

alabastra curvato-rostrata.

3. *K. cistoides* Hook. et Arn.,

alabastra haud rostrata.

β Petala staminaque supra basin connata et varia  
longitudine con crescentia.4. *K. linearis* Ruiz et Pav.syn.: *K. pentapetala* Ruiz. — *Kr. pauciflora* DC.

sep. inf. gibbosum. Limbus petalorum sessilis in monadelphia

var. *glabrescens*,

Schafn., n° 505, Pringl. Mex. 714.

5. *K. secundiflora* DC.

Petalorum limbus haud exungiculatus.

Var. *angustifolia*,Berlandier Mex., n° 1595 (*K. lanceolata* Torr.),var. *intermedia*,

Mex. sept., Rio-Grande, Bound. Survey.

var. *lanceolata*,

Arizona, Pringle

sub. *K. lanceolata* Torr.6. *K. parvifolia* Benth.

7. *K. rosmarinifolia* (Pav.) in Hb. v. s. in Hb. Boiss.

syn. *K. erecta* Willd. in Hb. prop.

foliis linearibus, sparse hirsutis, sepalis glabris, aculeis acutissimis, nudis in fructu nudo.

†† Sepala 4,

i. e. interius quintum abortivum.

8. *K. Ixina* L.

fol. petiolatis, petalorum limbo lanceolato angusto, aculeis in fructu retrorsum spinescentibus.

Var *genuia*. fruct. glabris.

var *arida* : fructib. tomentosis, foliis angustis (*K. arida* Bg.).

var. *brasiliensis* : fructib. tomentosis, foliis ovatis.

9. *K. tomentosa* St-Hil.

folia pube brevi tomentosa haud sericea, spinis ut in præcedente.

10. *K. argentea* Mart. (Bennet).

foliis villosis vel sericeis, spinis in fructu crassis, nudis.

*K. longipes* Bg.

11. *K. spartioides* Kl.

foliis sessilibus angustissimis.

Syn. *K. evoluloides* Tr. et Pl., *K. grandiflora* St-Hil.

12. *K. latifolia* Moric.

folia breviter petiolata, limbo ovato.

syn. *K. ruscifolia* St-Hil.

## II. Trifoliatæ.

13. *K. Cytisoides* DC.

syn. *K. cinerea* Shaur.

M. CHODAT parle ensuite des *leuciles amylogènes* dans le pseudobulbe de *Calanthe Sieboldii* (v. *Arch. Sc. phys. et nat.*, 1890) XXIII, p. 559.

M. CHODAT présente aussi une revision des *Malpighiacées du Paraguay*, travail destiné aux « Contributions à la flore du Paraguay » de M. Micheli. Les espèces nouvelles sont :

*Camarea lanata*, n. sp.

Foliis ovatis, mucronatis, lanatis, latis, floribus submagnis, luteis, petalis denticulatis, staminibus 5 (3 fertilibus).

Species *C. hirsutæ* affinis.

*Camarea robusta*, sp. n.

Caulibus brevibus, lignosis, duris, rectis, foliis ovalibus coriaceis, superne glabris, subtus sericeis, breviter petiolatis, floribus subsessilibus, calyce lanato, staminibus fertilibus 3, sterilibus 2, petalis inciso-dentatis, nucibus dorso breviter alatis, ala profunde dentata. Species habitu ab omnibus dissimilis.

Balansa, in Hb. Mus. Paris. sine no. nec loco addicto.

*Camarea salicifolia*, n. sp.

Foliis linearibus, acutis, numerosis, utraque facie sericeis, fructibus subsessilibus, nucis dorso denticulatis.

Balansa n° 2416.

*Janusia Barbeyi*, n. sp.

A. J. *guaranitica* forma fructus, magis dilatati et longius rostrati, foliisque glabrescentibus diversa.

Balansa, n° 2401, pp.

*Galphimia australis* Chodat,

*G. brasiliensis* in Pl. Lorenztianæ, Griseb.

Foliis lanceolato linearibus, vel ovato-lanceolatis, glaucis, minus petiolatis, quam in *G. brasiliensi*.

Balansa, 2393, 2394.

*Galphimia platyphylla*, n. sp.

Foliis latissimis, ovalibus, glaucis, dentibus subnullis vel sparsissimis, obtusisque, floribus magis quam in *G. brasiliensi* duplo majoribus.

Balansa, n° 2396.

*Dicella bracteosa* Griseb.

var. *minutiflora* v. nov.

Foliis magis coriaceis, petalis obtusis, obovatis nec spatulatis, floribus minoribus, a spec. typ. differt.

Balansa, n° 2395 a.

*Dicella nucifera*, n. sp.

Fructibus rotundatis, glabrescentibus, nec apice attenuatis, calycis foliis quam in *Dicella bracteosa*, v. *minutiflora*, duplo fere brevioribus, glandulis glabris, foliis subtus griseis, pulchre albide areolatis.

*Hirea Salemanniana* Juss.

var. *glandulifera*, v. nov.

foliis basi biglandulosis.

Balansa, n° 2404.

*Hirea macrocarpa*, sp. nov.

Foliis late ovatis, subtus griseo-tomentosis, supra nitidis,

magnis, fructibus magnis, alis tenuibus basi conjunctis, superne abrupte et recte sectis, margine sinuatis, glandulis nigris.

Balansa, n° 2408.

*Heteropteris pseudo-angustifolia*, sp. n.

Foliis linearibus, petiolatis, glaberrimis, subtus glaucis, subacutis, 10 x longiores quam latis, pedicellis duris, tenuibus, bracteis versus apicem insertis, fructibus pulchre rufis, subobovatis, basi abrupte et oblique truncatis, sine processu in loculo.

Balansa, n° 2398.

Les Malpighiacées du Paraguay ont plus d'affinité avec les espèces du Brésil qu'avec celles de la République Argentine; ainsi *Tricomaria Usillo* Hook. et Arnott manque complètement au Paraguay. Par contre, *Stigmaphyllon jatrophæfolium* et *Janusia guaranitica*, qui sont cités en Argentine, se trouvent aussi au Paraguay.

M. le prof. Schröter dépose un travail de M. le Dr SCHINZ, de Zurich, sur le *Potamogeton javanicus* Hassk. et sa synonymie. Ce travail, qui ne se prête guère à l'analyse, paraîtra « in extenso » dans le premier fascicule du *Bulletin* de la Société botanique suisse.

M. le prof. WOLF, de Sion, entretient l'assemblée des *stations botaniques alpestres* et en particulier de celles qui ont été fondées, avec l'appui du gouvernement valaisan, par la Société murithienne près de Zermatt et au Grand St-Bernard, et où sont déjà cultivées bien des centaines d'espèces caractéristiques <sup>1</sup>.

M. AMANN présente plusieurs mousses intéressantes des environs de Davos, entre autres :

*Dicranodontium circinatum* Wils. Nouveau pour la flore suisse.

<sup>1</sup> *Bulletin des travaux de la Murithienne*, années 1887 à 1889.

*Fissidens riparius* Amann in Revue bryologique, 1887, p. 54.

*Desmatodon systilius* B. E. Sommet du petit Schiahorn.

*Barbula rhaetica* Amann in Revue bryologique 1889, p. 54.

*Schistidium atrofusum* Schper C. fr. troisième station suisse de cette plante.

*Orthotrichum paradoxum* Grönval in « Anteckningar. » Nouvelle espèce découverte par M. Amann aux environs de Davos-Dörfli.

*Mielichhoferia nitida* Nees et Horn. Nouveau pour la flore des Grisons. Deuxième station suisse de cette belle espèce.

*Bryum Sauteri* Br. Eur. Espèce très rare en Suisse, abondante à Davos.

*Bryum Comense* Schper. Nouveau pour la flore suisse.

*Philonotis Tomentella* Molendo Frohnalpstock (Glaris). Nouveau pour la flore suisse.

*Thuidium decipiens* de Not. Nouveau pour la flore des Grisons.

*Hypnum polare* Lindb. Nouveau pour la flore suisse.

M. AMANN fait une autre communication *sur l'emploi de la lumière polarisée pour l'étude des Muscinées.*

Les propriétés optiques des parois cellulaires végétales ont été jusqu'ici étudiées à un point de vue général.

Il m'a paru intéressant d'examiner si les phénomènes optiques que présentent sous le microscope polarisant les tissus et les organes qui se prêtent à ce genre d'observation, fournissent des caractères utilisables pour la botanique systématique. Comme ce sont les mousses proprement dites que j'ai plus particulièrement étudiées et que je disposais dans mes collections d'un matériel considérable, c'est à cette classe de végétaux que j'ai spécialement appliqué cette étude.

Les divers organes des Muscinées présentent sous le microscope polarisant des images splendides qui, en effet, peuvent, dans bien des cas, fournir des caractères précieux pour la bryologie systématique. Ces *images de polarisation* sont déterminées d'une part par les propriétés

optiques des parois cellulaires (le contenu de la cellule n'entre pas ici en considération), d'autre part par la structure anatomique de l'organe. Comme les caractères distinctifs fournis par cette structure anatomique (auxquels on attribue à l'heure qu'il est, avec raison, une importance considérable), ceux fournis par l'*image de polarisation* sont, en général, plutôt des caractères génériques que spécifiques. Cette règle cependant présente des exceptions.

Les différences que présentent à ce point de vue les propriétés optiques des membranes cellulaires sont quantitatives et qualitatives. Quelques-unes de ces membranes ont des propriétés biréfringentes si peu considérables qu'elles peuvent être considérées comme simplement réfringentes.

Parmi celles qui sont nettement biréfringentes (et cette biréfringence est la règle), les unes peuvent, par leur forme et leurs propriétés optiques, être assimilées à des lamelles minces de cristaux uniaxes, taillées perpendiculairement à l'axe optique; d'autres à des lamelles de cristaux à plusieurs axes.

Les lamelles biréfringentes présentent relativement aux axes longitudinal et transversal (correspondant aux dimensions longueur et largeur) de la cellule des teintes d'interférence additionnelles (positives) ou soustractionnelles (négatives) suivant que le grand axe de l'ellipse active de la membrane est situé parallèlement ou perpendiculairement à l'axe longitudinal, (l'ellipse active est la section diamétrale plane de l'ellipsoïde d'élasticité de la membrane menée perpendiculairement à l'axe optique du microscope).

Ces deux cas correspondent aux directions d'extension

et de compression (*Zug und Druckrichtung*) de N.-C. Müller et de Zimmermann qui assimilent la membrane biréfringente à un parallépipède de verre comprimé dans une ou deux directions.

Pour simplifier j'appelle, à l'exemple de Hugo de Mohl, *positives* les membranes qui présentent une teinte d'addition lorsque leur axe longitudinal est orienté parallèlement au grand axe de l'ellipse active de la lamelle de gypse de l'appareil, et *négatives* celles qui prennent une teinte de soustraction dans les mêmes conditions *tout en remarquant expressément que ces dénominations ont une signification toute différente de celle qu'on leur attribue dans la cristallographie optique, puisqu'elles ne tiennent pas compte de la situation des axes optiques*, qui déterminent, comme on le sait, la nature positive ou négative des cristaux biréfringents.

J'ai renoncé, dans la grande majorité des cas, à déterminer pour chaque cas particulier la position et la grandeur relative des trois axes de l'ellipsoïde d'élasticité. En effet, abstraction faite des difficultés souvent considérables que présente cette détermination, vu l'exiguité des objets étudiés, il arrive fréquemment que cette position des axes varie d'une cellule à l'autre dans un même tissu, ce qui rend cette détermination tout à fait oiseuse.

Je me suis attaché à étudier l'image de polarisation très constante que présentent les différents organes considérés *in toto* et à comparer les images d'un même organe chez les différents genres et espèces de la classe des Muscinées.

Afin d'obtenir des images de polarisation bien nettes et des teintes d'interférence bien pures, il est nécessaire de soumettre la préparation à un traitement spécial, dont

voici la description en quelques mots. L'organe à étudier est exposé à des vapeurs de chlore pendant un temps qui varie de quelques secondes à plusieurs heures selon sa nature. Ceci a pour but de le décolorer afin que les couleurs naturelles ne troublent et ne dénaturent point les teintes d'interférence. Après l'avoir lavé à l'eau distillée, l'objet est monté dans le liquide suivant : acide lactique concentré 10; phénol cristallisé 5; glycérine anhydre 15.

L'observation doit se faire avec une lumière intense, vu la perte de lumière considérable, mais inévitable, qui résulte de l'emploi des nicols. Une bonne lampe à pétrole m'a donné d'excellents résultats, mais il faut se garder de l'emploi de la lamelle mince de gyps *rouge 1<sup>er</sup> ordre*, recommandée par presque tous les auteurs. Cette teinte est si fatigante pour l'œil, qu'une observation un peu prolongée dans ces conditions est impossible ou, dans tous les cas, très nuisible. Je lui ai substitué avec avantage une lamelle d'environ 0,08 millim. d'épaisseur qui donne la teinte beaucoup plus agréable et hygiénique *bleu 2<sup>me</sup> ordre*. Cette lamelle est, en outre, d'une grande sensibilité et corrige les rayons jaunes de la lumière artificielle employée.

Les propriétés positives que présentent certaines membranes dépendent souvent de leur cuticularisation. Ce n'est cependant pas toujours le cas. Il me paraît que chez les mousses, ces parois à propriétés positives jouent un rôle physiologique tout particulier et que ces propriétés sont l'indice d'une disposition protectrice. Ces parois cellulaires positives se rencontrent en effet chez les organes ou les parties d'organes qui entourent et protègent certaines parties délicates (folioles involucrales, etc.).

Les parties qui offrent les images de polarisation les



plus caractéristiques et les plus élégantes sont : les feuilles, le péristôme (chez les Diplolépидées surtout) et la paroi capsulaire.

Voici d'une façon très sommaire quelques-unes des lois générales et des faits les plus saillants qui résultent de cette étude :

A la base des feuilles se trouve dans presque toutes les espèces une zone de cellules dont les parois superficielles (et même quelquefois les collatérales) sont positives. Cette *zone basilaire positive* est plus ou moins développée et étendue chez les différents genres et espèces des Muscinées. Elle atteint son maximum de développement chez les feuilles qui entourent les organes de reproduction.

Les parois de l'archégone et celles de l'anthéridie sont formées de cellules à parois superficielles positives.

A l'origine la membrane de l'oogone non encore fécondé est optiquement inactive. De suite après la fécondation et la transformation en embryon, les parois cellulaires de celui-ci deviennent biréfringentes et il se produit une différenciation de zones positives et négatives qui correspondent aux différents organes : sporogone, pédicelle, et pied qui résulteront du développement ultérieur de l'embryon.

Une différenciation analogue a lieu pour les cellules qui forment le ventre de l'archégone et correspond aux phénomènes que présentent les organes qui en dépendent : la calyptra et la vaginule. A la partie supérieure du pédicelle on observe constamment une zone de parois superficielles positives plus ou moins développées. Dans certains genres de Cleistocarpes (*Ephemerum*, *Phascum*, etc.) à pédicelle peu développé, toutes les parois superficielles de cet organe sont positives jusqu'à la base.

Les parois superficielles des cellules qui forment la membrane capsulaire (*exothecium*) sont ordinairement cuticularisées et positives.

Chez les Aplolépидées les deux couches dorsale et ventrale dont sont formées les dents du péristome présentent des propriétés différentes. Les lamelles dorsales sont ordinairement positives, les ventrales constamment négatives (*Cintlidotus*, *Barbula*, *Dicranum*, etc.).

Chez les Diplolépидées la couche ventrale est de même toujours négative. L'orientation du grand axe de l'ellipse active des lamelles dorsales varie beaucoup comme la direction des stries qu'elles présentent. Ce sont les parois cellulaires des parties très hygroscopiques dont les tissus se trouvent dans un état d'équilibre instable qui jouissent des propriétés biréfringentes les plus considérables. Voici pour terminer l'indication sommaire des organes qui, chez certains genres, présentent des images de polarisation très caractéristiques. Chez les Weisiacées, les Dicranées, Fissidentées, Seligériacées, Pottiées, Trichostomées les feuilles surtout, chez quelques espèces le péristome, chez d'autres la paroi capsulaire. Chez les Grimmiées les feuilles (une zone médiane de parois superficielles très actives et négatives!). Chez quelques espèces (*Rhabdogrimmia*) la paroi capsulaire. Chez les Orthotrichées les feuilles et la paroi capsulaire fournissent des images de polarisation très caractéristiques. Les stries et interstries de l'exothécium se présentent sous le microscope sous la forme de zones alternativement positives et négatives d'une très grande netteté. Chez les Eucalypta la paroi capsulaire et la coiffe. Chez les Bryacées le péristome et les feuilles. Chez les Mnium les feuilles, le péristome et la paroi capsulaire (phénomènes très curieux!). Chez les Pleurocarpes les feuilles et le péristome.

Le manque d'espace me force à m'en tenir à ces quelques indications. La description un peu complète et la discussion des phénomènes aussi brillants que curieux notés en étudiant à ce point de vue plusieurs centaines d'espèces européennes et exotiques fournirait la matière d'un volume.

Je me réserve de poursuivre cette étude entièrement nouvelle à laquelle je consacre depuis cinq ans les trop courts moments de loisir que ma profession me permet de consacrer à la science pure et j'espère qu'il me sera possible un jour d'en publier les résultats in-extenso accompagnés des planches en couleur qui sont nécessaires à la compréhension de ces faits intéressants.

M. MICHELI, de Genève, signale le cas intéressant de la fertilité des graines d'un hybride de jardin, le *Montbretia crocosmiaeflora*, Iridée issue du croisement de plantes appartenant à deux genres différents : *Montbretia Pottii* et *Crocosmia aurea*.

M. MICHELI présente également à la section les derniers fascicules parus de ses « Contributions à la Flore du Paraguay. » Ils contiennent les *Polygalacées*, par M. le prof. Chodat, et les *Cypéracées*, par M. Mauri.

M. le pasteur BRUHN, de Wegenstetten (Argovie) a envoyé une série d'*exsiccata* tératologiques, parmi lesquels on peut citer : *Equisetum Talmateja* avec un épi quadripartite ; fasciation de tige de *Campanula rotundifolia* et de *Cichorium Intybus* ; pelorie de *Linaria spuria* ; *Campanula rotundifolia* avec calice anormalement déve-  
loppé.

**Zoologie.**

*Président* : Prof. D<sup>r</sup> STUDER, Berne.

*Secrétaire* : D<sup>r</sup> O. IMHOF, Zurich.

Prof. Béraneck. L'œil primitif des Vertébrés. — D<sup>r</sup> V. Fatio. Sur un cas de demi-albinisme de *Tétras tetrix*. — D<sup>r</sup> V. Fatio : un nouveau Cheiroptère suisse; une variété de Bartavelle; un Tétrás de l'Entlebuch; les Poissons de la Suisse. — H. Fischer-Sigwart. Notes sur quelques animaux rares de la région de Zofingen. — O.-E. Imhof. Études de quelques représentants des faunes pélagiques des bassins d'eau douce. — F. Dawatz : *Mus poschiavinus*. — F. Urech. Sur l'ontogénie des insectes. — Hans Nagel. Crâne monstrueux de marmotte.

M. le prof. BÉRANECK, de Neuchâtel, a présenté dans la première assemblée générale un travail sur l'*œil primitif des Vertébrés*. Ce mémoire, publié *in extenso* dans les *Archives*, sera joint au compte rendu de la session de Davos.

M. le D<sup>r</sup> Victor FATIO fait, dans la section de zoologie, diverses communications sur : *Un nouveau Cheiroptère suisse; une variété de Bartavelle; un Tétrás de l'Entlebuch, et les Poissons de la Suisse*.

1<sup>o</sup> Sur un nouveau *Cheiroptère suisse*. — M. Fatio parle d'une chauve-souris nouvelle pour la Suisse qu'il a capturée tout récemment, le 2 août 1890, à Valavran près Genève.

Avec 38 dents, une aile assez large, un éperon sans épiblema et un oreillon élançé, ce Cheiroptère appartient évidemment au genre *Vespertilio*, mais il diffère à plu-

sieurs égards non seulement des espèces de ce groupe jusqu'ici connues en Suisse, mais encore plus ou moins de celles du continent européen étrangères au pays. Il mesure : envergure 0<sup>m</sup>,258 ; longueur totale, 0<sup>m</sup>,089 ; queue 0<sup>m</sup>,042 ; tête 0<sup>m</sup>,0175 ; oreille, bord externe, 0<sup>m</sup>,017 ; oreillon, 0<sup>m</sup>,008 ; avant-bras, 0<sup>m</sup>,0385 ; 3<sup>me</sup> doigt, 0<sup>m</sup>,063 ; tibia, 0<sup>m</sup>,0195 ; pied, 0<sup>m</sup>,0085 avec les ongles. Le poil, foncé à la base, assez égal et sans éclat, est brun roussâtre sur les faces dorsales, de même couleur, un peu plus pâle seulement, sur les faces ventrales.

Les membranes sont entièrement nues, sauf tout près du corps ; les interfémorales ne présentent aucune trace de bordure pileuse ; les alaires bordent le pied jusqu'à la base des doigts ou à très peu de chose près. Le museau, plutôt allongé, un peu velu, ne porte pas de véritable moustache. Le palais compte sept raies transverses en arrière du bourrelet antérieur. L'oreille présente une échancrure assez accentuée et neuf plis internes plus ou moins apparents ; couchée en avant, elle dépasse le nez de  $\frac{1}{4}$  au moins de sa longueur. L'oreillon, droit quoique un peu incliné en dehors, est très effilé et acuminé ; il dépasse très légèrement la moitié de l'oreille, sans atteindre tout à fait à l'échancrure de celle-ci. La queue est enveloppée jusqu'à la dernière phalange et presque jusqu'au bout. Le poignet, l'aile repliée, arrive au milieu de la bouche ; la phalange basilaire du 3<sup>me</sup> doigt est un peu plus longue que celle des 4<sup>me</sup> et 5<sup>me</sup> doigts, égales entre elles.

Une usure extraordinaire des dents, toutes rasées au même niveau, ne permet malheureusement pas d'étudier de ce côté les caractères différentiels de l'espèce. La constatation de deux petites prémolaires, aux deux mâchoires, entre l'incisive et la première molaire, la première plus

forte que la seconde, peut seulement donner l'indication du genre.

Les quelques caractères de formes et de proportions ci-dessus indiqués suffisent à faire distinguer tour à tour le *Vespertilio* en question des *V. murinus*, *V. Bechsteinii*, *V. Nattereri*, *V. mystacinus*, *V. Daubentonii* et *V. lugubris* jusqu'ici signalés dans le pays. La comparaison avec les autres espèces d'Europe bien déterminées ne permet pas non plus de le rapprocher complètement d'aucune d'elles.

Il diffère : du *Vesp. dasyncneme* (Boie), *Limnophilus* (Temm.) parce qu'il a le pied bordé au lieu de libre, l'oreillon plus acuminé et neuf plis à l'oreille au lieu de quatre ; du *V. Capacinii* (Bonap.), *Megapodius* (Temm.), *Blasii* (F. Major), soit parce que son pied n'est pas libre comme chez celui-ci, soit par le fait de son oreille plus grande et de la présence de sept raies palatines au lieu de neuf ; du *V. ciliatus* (Blasius), *Emarginatus* (Kolenati), non seulement parce qu'il ne porte pas trace de poils sur le bord des membranes interfémorales, mais encore du fait qu'il compte neuf plis dans l'oreille au lieu de six, et que son poil est roux sur les faces inférieures au lieu de blanchâtre, sans compter quelques petites différences de proportions.

N'était l'absence complète de bordure pileuse interfémorale, c'est certainement du *Ciliatus* que ce *Vespertilion* se rapprocherait le plus ; étant donné surtout que Forsyth-Major (Vert. italiani nuovi o poco noti, 1879) signale, parmi les représentants de cette espèce en Italie, assez de variabilité dans les plis de l'oreille, et que Trouessart (Rev. syn. des Cheiroptères d'Europe, 1879) taxe de brun-roux clair la couleur des faces inférieures de l'espèce.

L'usure des dents de ce sujet unique ne permettant pas une comparaison beaucoup plus approfondie, M. Fatio renvoie, jusqu'à trouvaille d'un nouveau spécimen, toute décision relative au rapprochement possible avec le *V. ciliatus* dont cependant l'individu en question se distingue franchement par un caractère assez important pour avoir permis l'établissement d'un groupe spécial des Chauves-souris frangées. Il le nomme provisoirement *Vespertilio neglectus*.

Vespertilion jusqu'ici inconnu ou étrange variété du *Ciliatus*, ce Cheiroptère n'en est pas moins nouveau pour la Suisse qui compte alors, à ce jour, 22 espèces parmi les chauves-souris. Schinz, dans sa Fauna helvetica, en 1837, n'en connaissait que 9 ; Fatio a porté ce nombre à 18, dans le premier volume de sa Faune Suisse en 1869 ; depuis lors, 4 sont encore venues enrichir ce total : le *Dysopes Cestonii* rencontré par Schneider à Bâle, en 1870, le *Vespertilio Bechsteinii* signalé, à Bâle aussi, par Müller en 1880 ; enfin le *Vespertilio lugubris* dernièrement élevé au rang d'espèce par Fatio, dans le supplément au vol. I de sa Faune Suisse paru en mai 1890, et le sujet *Neglectus* ou *Ciliatus* var. qui a fait l'objet de cette communication.

2° Sur une variété de Bartavelle. — Le même traite ensuite d'une intéressante variété de *Perdix saxatilis* dont deux individus semblables figurent dans les Musées de Bex et de Sion. Le premier, jeune en mue, a été tué en novembre 1878 à dix minutes de Sion ; le second, femelle adulte en parfait état, l'a été en décembre 1879, à 1300 mètres d'élévation dans le val d'Hérens ; tous deux furent rencontrés en compagnie de Bartavelles ordinaires.

Entre les nombreux caractères distinctifs qui font de cette variété, quant à la livrée, une Perdrix plus différente de la Bartavelle que d'autres espèces dans le même genre, on peut signaler tout particulièrement : Une large calotte noire couvrant toute la tête jusqu'en arrière de l'occiput et joignant le collier ; un fort mélange de tons roux dans le gris-bleu du camail qui couvre la nuque, les épaules et la poitrine, donnant à celui-ci un aspect un peu gorge-de-pigeon ; une étrange bigarrure du dos tout couvert de taches entremêlées blanchâtres, jaunâtres, d'un brun roux, bleuâtres et noires, plusieurs des plumes dorsales portant deux bandes transverses noires, comme celles des flancs ; un grand envahissement des tons blonds ou jaunâtres sur l'aile et ses couvertures ; enfin l'absence du blanc et du brun-rouge dans les larges plumes des flancs qui, barrées de noir sur jaune roussâtre, présentent aussi moins de bleu que chez la Bartavelle ordinaire.

Rien, dans les formes, comme dans les couleurs, ne justifie la supposition faite d'un produit de croisement soit avec la Gélinotte, soit avec la Perdrix grise. L'absence complète de mouchetures sur la poitrine et la présence constante de deux bandes noires sur les plumes des flancs ne permettent pas non plus d'admettre l'idée d'un mélange avec la Perdrix rouge. La calotte noire et la bigarrure du dos ne pourraient du reste pas s'expliquer par l'union des deux espèces. C'est plutôt un développement anormal et une transposition en diverses places des couleurs de la Bartavelle qu'il est difficile d'expliquer, comme *un défaut d'équilibre dans la répartition ordinaire des matières colorantes*, désordre d'autant plus curieux qu'il a pu se produire identique chez deux individus et n'est par conséquent pas purement accidentel.



Il serait intéressant de retrouver, dans le Valais ou ailleurs, cette jolie variété que M. Fatio a baptisée : *Perdix saxatilis*, var. *melanocephala*.

### 3° Le Tétrás de l'Entlebuch.

L'individu varié de blanc du *Tétrás tetrix* qui a été tué, en octobre 1889, dans les montagnes de l'Entlebuch, n'est, pour le Dr Fatio, ni un bâtard du Tétrás lyre et du Lagopède, ni un simple albinos mâle du premier, ainsi qu'il a été successivement déterminé et décrit dans les numéros des 1<sup>er</sup> et 15 juillet 1890 du journal *Diana*.

A côté des parties blanches de son plumage, le sujet en litige présente en diverses places, tantôt les plumes rousses barrées de brun de la femelle, tantôt les plumes noires à reflets légèrement bleuâtres du mâle. La taille est à peu près celle de la poule, tandis que la queue, à demi grandeur, est celle du coq, avec rectrices bien recourbées, les unes noires, les autres chamarrées de brun. Les sous-caudales, toujours blanches chez le mâle, sont ici en partie variées de brun-roux.

L'étude très circonstanciée que l'auteur a pu faire de ce curieux oiseau lui a permis de constater un mélange confus des caractères des deux sexes du Tétrás lyre qui amènerait plutôt à l'idée d'une vieille femelle prenant le plumage du mâle, à la suite d'une atrophie sénile de l'ovaire, ainsi que cela se voit assez souvent chez le Grand Tétrás. Cependant, la persistance de deux ou trois petites plumes propres à la livrée du jeune âge allant à l'encontre de l'hypothèse de stérilité par vieillesse excessive, et les dites petites plumes étant si profondément usées par frottement qu'elles doivent avoir subi déjà au moins une ou deux mues raptiles, M. Fatio arrive, après maintes considérations et par le seul examen des divers caractères

extérieurs, le sujet étant empaillé, à la conclusion que l'oiseau en question doit être *un sujet imparfaitement sexué affecté d'albinisme concomitant*.

#### 4<sup>o</sup> Poissons de la Suisse.

L'auteur de la Faune des vertébrés de la Suisse tire des deux volumes qu'il a publiés, en 1882 et 1890, sur les poissons du pays quelques conclusions et considérations générales parmi lesquelles on peut citer les suivantes :

La faune ichthyologique, d'abord marine, a subi, avec les modifications successives de la surface du globe, de profondes transformations, particulièrement dans l'époque crétacée; si bien qu'aux temps de la molasse, l'on voit apparaître déjà beaucoup d'espèces adaptées aux eaux douces et plus ou moins voisines des formes actuelles. Le lac d'Oeningen, à côté de quelques espèces disparues, comptait bon nombre de poissons dans les genres aujourd'hui représentés dans les eaux suisses. Plus tard, les premières habitations lacustres ont contenu les débris de plusieurs espèces semblables aux nôtres, du Saumon et de deux Corégones en particulier, qui manquaient encore à la faune molassique du pays.

Les conditions se modifiant peu à peu, la faune actuelle, avec prédominance des Physostomes, paraît avoir été établie surtout lors du retrait des eaux, dans les premiers temps post-glaciaires. La délimitation des bassins, le rétrécissement des courants et l'emprisonnement relatif de bien des poissons ont déterminé par sélection les espèces les plus propres à vivre dans le pays, et celles-ci se sont depuis plus ou moins modifiées dans différents milieux.

La Suisse compte actuellement 54 espèces plus ou

moins répandues, avec nombreuses sous-espèces et variétés (54 si l'on veut attribuer une valeur spécifique à trois Cyprinides du Tessin que l'auteur considère comme races locales), soit environ dix de plus que n'en signalaient les faunes antérieures même les plus récentes; cela dans les quatre bassins principaux : du Rhin (mer du Nord), le plus grand et le plus riche; du Rhône (Méditerranée), en partie coupé de la mer; du Pô (Adriatique) représenté par le Tessin au sud des Alpes, et du Danube (mer Noire), le plus petit et le plus pauvre, représenté par l'Inn en Engadine. En tout : 4 poissons Cartilagineux, pour 47 Osseux, et, parmi ces derniers, 5 Anarthroptérygiens, 1 Anacanthien et 41 Physostomes.

Le bassin du *Rhin*, en Suisse, peut être divisé en trois parties : le fleuve au-dessous de la chute, avec 33 espèces dont 6 propres, les lacs et tributaires, avec 34 espèces et intervention des Corégones; le fleuve et ses dépendances au-dessus de la chute avec 28 espèces.

Le bassin du *Rhône* se partage à son tour en deux : le Léman et le fleuve au-dessus de Bellegarde, avec 20 espèces seulement, à cause de l'empêchement offert à la remonte par les obstacles de la perte, et le Doubs, sur les frontières, avec 24 espèces, bien qu'à un niveau plus élevé, mais joignant le Rhône au-dessous de la perte, par l'intermédiaire de la Saône.

Le bassin du *Pô* représenté par le Tessin, en Suisse, compte 23 espèces, dont 8 propres au sud des Alpes, et de nombreuses variétés dans les formes de celles qui habitent aussi sur le versant septentrional.

Le bassin du *Danube*, Inn en Engadine, au-dessus de 1,000 mètres, n'a plus que 4 poissons autochtones, avec 4 importés plus ou moins localisés.

La diminution graduelle des espèces est assez rapide avec l'accroissement de l'élévation, bien que différent un peu selon les conditions d'habitat. La plupart, abstraction faite d'importations locales, disparaissent entre 1,000 et 1,100 mètres au-dessus de la mer; on ne trouve plus guère au-dessus de ce niveau, à part quelques exceptions, que les *Cottus Gobio*, *Phoxinus laevis*, *Nemachilus barbatulus*, *Thymallus vexillifer* et *Salmo lacustris*, parmi celles qui ont une aire géographique plus vaste ou plus septentrionale. Le troisième et le quatrième de ces poissons renoncent entre 1,400 et 1,900 mètres; enfin on ne rencontre plus que les trois autres, Chabot, Vairon et Truite, entre 2,000 et 2,500 mètres. C'est le Vairon (*Phoxinus laevis*) qui semble remonter de lui-même le plus haut, bien que la Truite (*Salmo lacustris*) vive importée jusqu'au-dessus de 2,600 mètres, dans le Sgrischus-See d'Engadine en particulier.

L'étude prolongée et très approfondie que M. Fatio a faite des poissons suisses en toutes circonstances lui a permis de démêler, dans la variabilité des caractères de ceux-ci, ce qui doit tour à tour être attribué à des questions d'âge, de sexe, d'époque ou d'habitat. C'est par là, entre autres, qu'il a pu parvenir à débrouiller l'écheveau jusqu'ici inextricable des nombreuses formes de Corégones dans le pays. Il distingue, dans ce genre, 8 espèces avec 22 sous-espèces locales rentrant dans 2 types primordiaux *C. dispersus* et *C. Balleus*, sans compter deux formes géographiquement voisines et deux espèces importées. Notons ici que le genre *Coregonus*, d'origine fort probablement marine et jusqu'alors exclusivement septentrional, a de nos jours passé les Alpes au moyen de l'importation artificielle dans les lacs de la haute Lombardie.

L'élévation du niveau de l'habitat, que ce soit influence de température ou d'alimentation, et parfois la séquestration ou seulement la réduction du vase ou du bassin, tendent d'ordinaire à conserver le facies et certains caractères du jeune âge.

La Truite de ruisseau et des Alpes, jusqu'ici considérée comme espèce distincte, n'est, pour le Dr Fatio, qu'une forme jeune ou retardée de la grande Truite des lacs de la plaine, et les nombreuses formes de celle-ci doivent rentrer sous le même nom spécifique de *Salmo lacustris*<sup>1</sup>.

Une espèce variant d'autant plus qu'elle a une aire géographique plus étendue et que ses représentants sont, en divers pays, localisés dans plus de conditions différentes, il est aisé de comprendre comment se sont formées, avec le temps, tant d'espèces géographiques ou locales qui accusent aujourd'hui des caractères distinctifs bien tranchés. Les nombreux Corégones indigènes enfermés de nos jours dans 16 lacs différents en fournissent un frappant exemple.

Cependant, les espèces ne paraissent pas actuellement entièrement stationnaires, et le travail qui s'est fait autrefois, sous l'action des conditions naturelles, semble se continuer plus ou moins et emprunter de temps à autre une nouvelle force à des circonstances relativement acci-

<sup>1</sup> M. Fatio nous prie de relever à ce propos une erreur qui s'est glissée dans le volume V de sa Faune suisse, Poissons, partie II, p. 351, en note, et p. 352 : Ce n'est pas le Chevalier *Ed. de Betta* qui a attribué un maximum de 16 kilog. à la truite du lac de Garde dite *S. Carpio*, mais bien *de Filippi*; c'est également *Nardo* et non de *Betta* qui fait pousser à la même Truite ses migrations jusqu'à la mer. Les données de quelques auteurs italiens sur le *S. Carpio* sont, paraît-il, assez confuses et parfois contradictoires.

dentelles. C'est ainsi, par exemple, que se crée sous nos yeux, dans le Tessin, aux dépens d'une espèce marine, l'*Alosa Finta* qui tous les ans remonte de la mer dans les fleuves, une nouvelle forme d'*Alose d'eau douce* qui vit toute l'année, grandit et se multiplie dans les lacs, séparée depuis quelques années du grand courant par l'écluse de Villorési. Il est certainement des plus intéressant de suivre, avec l'auteur, les transformations déjà si profondes que ce nouvel habitat a infligé à l'espèce, au point de la rendre à première vue presque méconnaissable.

La stérilité, qui affecte bien des poissons, parmi les Salmonides surtout, peut être accidentelle et temporaire ou de naissance et plus ou moins persistante. Le défaut des transformations qui accompagnent d'ordinaire la puberté donne à l'individu, dans ce dernier cas, un aspect assez différent pour avoir trompé souvent bien des ichthyologistes.

Les hybrides entre espèces voisines sont assez fréquents, principalement en cas de réclusion et alors qu'il y a analogie forcée d'époque et de conditions de frai. Les bâtards de Cyprinides sont plus rares en Suisse qu'en France ou en Allemagne, parce que les cours d'eau, plus rapides ou plus encaissés, donnent moins facilement lieu à la formation de mares latérales; par contre, les produits de croisements entre formes diverses de Corégones se rencontrent souvent dans certains lacs du pays, principalement dans ceux de Zurich, de Bienne, de Morat et de Neuchâtel.

Les tableaux de distribution géographique des poissons en Suisse, tant à différentes hauteurs que sur la surface horizontale, donnés par M. Fatio, suffisent à indiquer très approximativement la faune de telle ou telle localité, étant donné le bassin ou sous-bassin et le niveau de

celle-ci. L'auteur a enfin traité de la pêche, de la pisciculture et des diverses espèces importées, en faisant remarquer combien il était indispensable d'avoir des données exactes sur les habitants actuels de nos eaux, en face des mélanges et de la confusion qui vont nécessairement résulter à l'avenir des transports artificiels de diverses espèces d'un bassin dans un autre et de fréquentes importations de poissons étrangers d'Europe ou d'Amérique <sup>1</sup>.

M. FISCHER-SIGWART parle de quelques *espèces animales rares des environs de Zofingen*.

1. *Mus rattus* (rat noir). Cette espèce ayant été observée dernièrement à Oensingen, l'auteur a fait une enquête spéciale sur sa distribution dans la Suisse occidentale, et les renseignements fournis dans 34 localités des cantons de Soleure, Bâle-Campagne et Berne peuvent se résumer comme suit : le *Mus rattus*, très répandu dans les vallées supérieures du Jura, diminue vers leur embouchure et est remplacé par le surmulot (*Mus decumanus*). A Langenbruck il est abondant, il diminue à

<sup>1</sup> Au moment de mettre sous presse, nous recevons de M. Fatio, avec prière d'insérer, la nouvelle que l'on aurait pris, le 25 septembre 1890, dans le lac de St-Moritz, à 1765 mètres s/m., un sujet de 375 grammes du *Bachsäibling* d'Amérique, probablement *Salvelinus fontinalis*, autant que des renseignements peu circonstanciés permettent de le dire. Le Dr Berry estime que le spécimen est âgé de 2  $\frac{1}{2}$  ans au plus et que ce doit être un des individus introduits par lui dans le dit lac en avril 1888, sujets dont on aurait déjà repris un ou deux.

S'il était prouvé que l'espèce se reproduisit à ce niveau, dans le pays, ce serait un importé de plus à ajouter aux quelques poissons de la Haute-Engadine.

Waldenburg, devient rare à Höllstein et disparaît plus bas. On peut faire la même observation dans la vallée de la Klus, depuis Oënsingen. Le rat noir n'est jamais isolé, mais toujours mélangé avec le surmulot en proportion variable. L'Aar forme à Gaïs la limite de son extension vers l'orient, avec toutefois quelques incursions sur la rive droite de la rivière. Les limites septentrionales et méridionales sont moins bien fixées. Une nouvelle localité a été dernièrement trouvée dans l'Uerkenthal, à l'est de Zofingen.

2. *Falco peregrinus*. Depuis 1880, on a, chaque année, observé des jeunes près de Reiden, dans les rochers molassiques (1880, deux, 1881, cinq, et 1889, quatre). En 1890, les jeunes ont commencé à voler au commencement de mai, et le 16 juin il y avait de nouveau deux nids habités. Au pied des rochers, on voyait de nombreux débris (plumes, ossements, etc.) de leurs repas.

On a également tiré des jeunes faucons presque toutes les années dans le Grandelfluh au Jura ; dans cette région, chaque couvée n'est que de deux ou trois petits, tandis que dans la molasse (Hochfluh) il y en a ordinairement quatre à cinq, la nourriture étant plus abondante.

*Pandion haliaëtus*. En juillet 1886, on a trouvé deux petits dans un nid perché sur un sapin au pied d'une paroi de rocher verticale au Gaissberg ; l'année suivante le même nid renfermait trois œufs. Il n'a pas été habité depuis.

*Emys lutaria*. On remarque dans le lac d'Inkwyl de nombreuses tortues de marais, qui détruisent beaucoup de poissons. Mais les observations à leur sujet ne sont pas encore complètes.



M. le Dr Othon-Emil IMHOF signale quelques *représentants de la faune pélagique des bassins d'eau douce*.

Plusieurs genres de rotatoires se distinguent par la possession d'appendices qui servent d'organes de locomotion. Tandis qu'avec l'aide des cils vibratiles, l'animal opère un mouvement en avant régulier, il exécute au moyen des organes en question une série de sauts. Ces appendices sont surtout remarquables chez les genres *Hexarthra*, *Schmarda*, *Triarthra*, *Polyarthra* et *Pedalion* (Hudson). *Hexarthra* a été découvert en Égypte en 1854; le corps, long de 0<sup>mm</sup>,833, porte à sa face ventrale trois paires de rames terminées par des houppes de poils raides.

Le *Pedalion mira* Hudson (figuré par lui en 1872) en diffère en bien des points. Les organes de locomotion sont au nombre de six, un ventral, un dorsal et deux de chaque côté; tous reçoivent des fibres musculaires striées. La longueur totale n'est que de 0<sup>mm</sup>,233. Les stations dans lesquelles a été trouvé le *Pedalion mira* ne sont pas nombreuses; on en cite une près de Buda-Pesth, deux en Galicie, deux dans les lacs italiens de Varèse et d'Ancone. En Suisse, l'auteur ne connaît que le lac de Lowerz, un petit bassin marécageux à demi-desséché à Stadtweiher, près de Baden, et le Lago Campo, dans le Val Campo (Bregaglia, 2370 m.). Il est intéressant de noter que dans ces localités, fort éloignées les unes des autres, et où les conditions de vie sont bien différentes, le *Pedalion* ne varie absolument pas.

Le genre *Dinobryon*. La pêche avec le filet à petites mailles a permis de découvrir plusieurs nouveaux organismes microscopiques dans les eaux de nos lacs. Les espèces animales qui habitent en pleine eau se rencon-

trent fréquemment en bandes innombrables. Les espèces du genre *Dinobryon* sont particulièrement remarquables à cet égard. J'ai déjà signalé leur présence dans nos lacs, à Zurich en 1883 et à Lucerne en 1884. Depuis lors, de nouveaux matériaux ont établi sur des bases complètes notre connaissance de la distribution géographique de ce genre dans les bassins européens. Il se distingue par la possession de deux *Flagellum* de longueur inégale, sécrète une sorte de coquille fermée à une extrémité et vit en colonies.

Les espèces connues jusqu'à aujourd'hui sont les suivantes:

*Dinobryon sertularia* Ehb., *sociale* Ehb., *petiolatum* Duj. *stipitatum* Stein., *divergens* Imh., *elongatum* Imh., *petiolatum* var. nov. *D. bavaricum* Imh., n. sp., *sertularia* Ehr. var. *alpinum* Imb., *Butschli* Imh., n. sp.

Le *D. bavaricum* ressemble au *D. petiolatum* Duj. par la présence d'un style creux qui porte la colonie. La partie postérieure du corps est fixée au point de jonction du style et de la coquille. La partie habitée par l'animal comprend environ la moitié de la coquille. La paroi de la partie antérieure est constituée comme l'abri du *D. divergens*. La cupule est à son orifice repliée en dehors. La moitié antérieure de la cupule est cylindrique; la moitié postérieure, élargie au sommet, se rétrécit vers le style et a un contour sinueux. Les colonies sont peu nombreuses et ne comptent guère plus de cinq à six habitants.

Dimensions: longueur totale. . 0,08-0,088 mm.

partie habitée. . . 0,04 mm.

style . . . . . 0,044 mm.

diamètre. . . . . 0,0092 mm.

diamètre du style 0,003 mm.

Le *D. bavaricum* n'a été jusqu'ici observé que dans le Spizingsee (Haute-Bavière), à une altitude de 1075 m.

Le *Dinobryon Bütschli* Imh. se distingue par le grand nombre d'individus de chaque colonie, nombre qui atteint plusieurs centaines et jusqu'à mille dans les colonies les plus importantes. Les habitants sont disposés sur des rayons, et l'ensemble de la colonie rappelle l'aspect d'un buisson touffu. Chaque coquille affecte une forme cylindrique légèrement courbée.

Dimensions : longueur, 0,054 millimètres : diamètre, 0,0072 mm., et, à l'ouverture, 0,0048.

Cette espèce a été découverte en 1888 dans le lac Tihoja en Carinthie.

Ce n'est que très récemment, depuis 1883, qu'on a trouvé dans les eaux suisses plusieurs espèces de Dinobryon; auparavant, on ne connaissait guère que le *D. sertularia* Ehb. Le lac de Zurich en compte quatre; on en rencontre dans presque tous les grands lacs et même dans quelques lacs alpins, dont le plus élevé jusqu'à présent est le lac Tempesta, à 2500 m. au-dessus de la mer.

3. Le genre *Diaptomus* (Copepodes, Calanidæ). Les derniers travaux sur les faunes pélagiques ont amené de nombreuses découvertes dans ce genre de crustacés nageant librement. De 12 espèces connues en 1885, le chiffre total se monte aujourd'hui à 42, dont plusieurs sont extra-européennes. D'autres espèces (15 environ) sont mentionnées, mais mal connues.

Dans une monographie des Calanidées récemment publiée par MM. de Querne et Richard (*Mém. Soc. zool. de France*, 1889, II, p. 53) les caractères distinctifs principaux sont tirés des antennes (surtout chez les mâles),

des pattes natatoires, des derniers anneaux thoraciques et du premier anneau abdominal. Ce sont les caractères tirés des antennes qui sont les plus faciles à constater (forme des derniers anneaux en brosses, hameçons ou lamelles) et qui fournissent trois groupes bien caractérisés dans 29 espèces. Les pattes natatoires fournissent des caractères qui sont également utiles pour la détermination des 42 espèces décrites. Dans ce nombre, 6 appartiennent à la faune suisse ; quelques-unes s'élèvent fort haut dans les Alpes (*Diaptomus alpinus* dans le lac Prünas sur le Piz Languard, à 2780 m. et le *D. denticornis* sur la Fluela, à 2385 m.). Les deux lacs de la Fluela, bien que tout voisins, renferment, l'un, le *D. alpinus*, l'autre, le *D. denticornis*, deux espèces fort différentes l'une de l'autre.

M. DAVATZ : *Mus poschiavinus* (Fatio).

M. Davatz parle du *Mus poschiavinus* découvert par M. Fatio en 1860 à Poschiavo et décrit par celui-ci en 1869. L'espèce, méconnue pendant bien des années, probablement faute de connaissance, s'est retrouvée aussi à San Carlo et un peu au sud de cette localité en grande quantité. A côté des différences de pelage et de coloration, les principaux caractères distinctifs se voient dans les plis palatins : le *Mus musculus* compte 7 plis et le *M. Poschiavinus* 6 seulement.

M. FATIO ajoute que l'on a observé aussi une race de souris noires dans le Münsterthal, mais que celles-ci présentent, avec six plis palatins normaux, des traces d'un septième pli plus ou moins développé, qui pourraient faire supposer un mélange avec la souris ordinaire.

M. le Dr E. URECH : *Contribution à l'Ontogénie des Insectes* (ordre des Lépidoptères).

Le Dr Urech a analysé physiquement et chimiquement l'urine d'un grand nombre d'espèces de papillons et reconnu une relation intime entre les pigments de cette sécrétion et ceux qui colorent les ailes des Lépidoptères en général. Dans tous les papillons qu'il a étudiés, le Dr Urech a constaté que la première urine seule était pigmentée et que le liquide émis ensuite était entièrement incolore. Le pigment blanc de la première urine de la *Pieris brassicae* et le pigment rouge intense de la *Vanessa urticae* ne se retrouvent par exemple plus dans les déjections ultérieures de ces espèces. Le bleu et le violet des écailles des papillons étant des couleurs produites par interférence, il n'y a rien d'étonnant dans le fait que celles-ci ne se retrouvent pas dans les urines. La première urine d'un grand nombre de papillons paraît grise, quoique tirant plus ou moins, suivant les espèces, sur le rougeâtre, le verdâtre ou le jaunâtre; c'est généralement un mélange de différents pigments, tandis que les couleurs se montrent distinctes sur l'aile du papillon.

L'auteur a aussi porté son attention sur la couleur du sang qui coule dans les vaisseaux des ailes des papillons alors que celles-ci s'étendent au sortir de la chrysalide. Le sang n'est pas coloré de même dans toutes les espèces; il est le plus souvent jaunâtre, avec des intensités de teintes différentes: pâle entre autres chez beaucoup de *Bombyx*, d'un jaune foncé chez les espèces du genre *Vanessa*. La couleur du sang est par contre d'un vert-olive intense dans la *Deilephila euphorbia*, tandis qu'elle est d'un jaune pâle dans le *Cossus ligniperda*.

M. H. NAGEL : *Dentition accidentelle chez la Marmotte.*

M. Nagel présente la tête empaillée d'une marmotte tuée en 1887. Les incisives de cet individu offrent une curieuse conformation, résultant probablement d'une déviation accidentelle de la mâchoire. Les incisives continuèrent à croître faute de s'user les unes contre les autres; si bien que les dents d'en-haut se croisèrent, en se recourbant toujours plus en dessus, et que l'une d'elles, après avoir percé la lèvre supérieure, revint précisément à se rencontrer avec l'une des incisives inférieures. Malgré cette curieuse déformation, la marmotte se trouvait de nouveau dans la possibilité de ronger. La bête était très grasse lorsqu'elle fut tuée.

### Médecine.

*Président* : Prof. D<sup>r</sup> SAHLI, de Berne.

*Secrétaire* : D<sup>r</sup> LUCIUS SPENGLER, de Davos-Platz.

D<sup>r</sup> Carl Spengler. Traitement chirurgical et climatérique de la phtisie pulmonaire. — D<sup>r</sup> Alfred Sokolowski. Remarques sur la connexion qui existe entre la diathèse arthritique et la tuberculose pulmonaire. — D<sup>r</sup> Volland. De la tuberculose par inhalation.

M. le D<sup>r</sup> Carl SPENGLER présente un travail sur le *traitement chirurgical et climatérique de la phtisie pulmonaire et de quelques-unes de ses complications.*

L'auteur remarque qu'un certain nombre de médecins et de cliniciens allemands ont renoncé au traitement climatérique de la phtisie, en sorte que les médecins sont séparés actuellement en deux camps. Les uns préconisent

le traitement hospitalier fondé sur des principes hygiéniques et diététiques mais sans avoir égard à l'influence du climat, tandis que les autres traitent leurs malades par la méthode climatologique, hygiénique et diététique mais sans un traitement purement hospitalier; cependant les malades sont classés plus systématiquement et sont traités dans des hôpitaux spéciaux, avec des infirmiers appropriés, dans des *sanatoriums* normaux et dans des lieux de cure publics qu'ils fréquentent comme malades ambulants. Brehmer est le représentant de la première tendance, le Dr Alex. Spengler personnifie la seconde.

Depuis que Koch a découvert le bacille de la tuberculose, on a cherché à se rendre entièrement maître de cette affection. L'insuccès de cette tendance thérapeutique a été prouvé lorsqu'on s'est rendu compte de l'inefficacité des différents moyens employés localement. L'on a reconnu aussi, à la suite des recherches de Koch, que l'on ne pouvait regarder une vaccination préventive comme étant un remède spécifique. Il en est de même pour le climat des hautes montagnes et des contrées polaires dans certaines formes de phtisie.

Le Dr C. Spengler cite le cas d'un patient atteint de tuberculose pulmonaire bi-latérale, très étendue, avec fièvre, vomissements, transpiration, pouls excessivement fréquent, dyspnée, riche expectoration et qui, quarante jours après son arrivée à Davos, avait augmenté de vingt-deux livres avec amélioration générale de tous les symptômes. De tels succès ne sont point rares; on les constate chez tous les nouveaux arrivés si la tuberculose n'est pas trop avancée et si l'organisation n'est pas affaiblie au point d'avoir perdu son pouvoir d'adaptation au climat.

On traite depuis vingt ans à Davos uniquement par

l'hygiène, la diète et le climat et l'on ne se sert de médicaments que dans certains cas compliqués. Que le climat joue un rôle important pour améliorer tout d'abord et même, par la suite, pour amener de rapides guérisons, c'est ce qui ne fait aucun doute. La nouvelle direction thérapeutique, qui tient le climat pour indifférent, s'explique seulement par le fait que ses représentants, comprenant l'idée de climat autrement qu'elle n'est en usage, méconnaissent ses effets physiologiques. La preuve en est dans la statistique de Falkenstein, qui montre que la phtisie pulmonaire est curable, mais dans une proportion effroyablement faible (7 %).

Spengler est convaincu que la chirurgie aussi ne doit attendre aucun heureux succès avec les phtisiques si elle ne s'aide pas des ressources fournies par l'hygiène, la diète, etc. C'est ce qui se présente dans le traitement de l'empyème, du pneumo et du pyo-pneumothorax, ainsi que des cavernes. La ponction et l'aspiration, sans les conditions climatologiques nécessaires, ne conduisent pas à de bons résultats. Spengler partage l'opinion que les empyèmes et pyo-pneumothorax des phtisiques peuvent être radicalement opérés dans toutes les circonstances, aussi bien que les pneumothorax, si, ce qui est presque toujours le cas, des symptômes menaçants de compression se présentent.

Il établit les indications suivantes :

1° Création d'un pneumothorax ouvert avec la pression atmosphérique. 2° Diminution de l'espace pleural dans un sens qui corresponde au pourtour de la destruction du tissu pulmonaire.

Ces indications sont remplies par la thoracocentèse avec résection de côtes, qui conduisent à la guérison du



pneumothorax et consécutivement à celle du phthisique lui-même. La diminution de l'espace pleural est une condition *sine qua non* de la guérison. Elle donne lieu à un ratatinement du poumon qui ne peut se produire sans une déformation du thorax. Chez les enfants, dont le thorax s'y prête, des cavernes considérables peuvent se fermer spontanément; chez les adultes ce fait ne se présente jamais, parce que chez eux la paroi thoracique est plus rigide. Les cavernes prennent alors le caractère de cavités à parois rigides, qu'il faut rendre mobiles par une résection de côtes en rapport avec l'étendue de la lésion. Mais pour une guérison complète, le climat a une importance capitale.

En plaine, les malades ne peuvent se tenir suffisamment au grand air, surtout en hiver; tandis que dans les hautes montagnes, les malades, même gravement atteints, peuvent, en hiver comme en été, se promener presque chaque jour, pendant plusieurs heures au soleil, ce qui augmente leur appétit. Le scepticisme moderne au sujet de la thérapeutique climatérique a pour résultat de priver de malheureux phthisiques de ces avantages. Le climat barométrique des grandes hauteurs (5000 pieds, par exemple), a une action frappante sur les hémorragies des poumons et des conjonctives ainsi que sur les fortes dyspnées, qui sont beaucoup plus rares qu'en bas. En effet, l'air y est moins comprimé; il est plus froid, plus sec et plus pur, moins riche relativement en oxygène. La force et la direction du vent, la réunion des différentes espèces de rayons solaires, les qualités de l'air expliquent l'accroissement de l'appétit, la diminution de la transpiration, de la fréquence respiratoire et du travail du cœur. Cette amélioration se constate de même dans la maladie de Basedow.

L'air froid et sec tend à dessécher les cavernes, ce qui est défavorable au développement des bacilles de la tuberculose, et à diminuer la température des tissus.

Si les natures anémiques et éréthiques, auxquelles les séjours de hautes montagnes sont contre-indiqués, s'améliorent dans des climats chauds et secs, c'est parce que la tuberculose est très souvent dissimulée par la chlorose et l'éréthisme (pseudochlorose, pseudoéréthisme du cœur de Sokolowski).

Il faut examiner dans chaque cas si la haute montagne est indiquée ou non. Spengler explique les insuccès par le fait que ces malades ne peuvent s'accoutumer aussi vite que les autres à de si grandes différences de climat.

Le climat de la haute montagne est encore indiqué dans l'asthme bronchique. Il fait cesser les accès immédiatement et d'une manière durable, ce qui tient peut-être à ce que l'expiration dans un milieu moins dense est plus facile et à ce que l'air sec et froid prévient l'hypérémie des bronches.

M. le Dr Alfred SOKOLOWSKI, médecin ordinaire de l'hôpital du Saint-Esprit, à Warschau, communique *quelques remarques sur la connexion qui existe entre la diathèse arthritique et la tuberculose pulmonaire.*

Bien qu'il ne subsiste aujourd'hui aucun doute que la seule cause des différentes formes de la tuberculose pulmonaire soit le parasite spécifique de Koch, cependant la cause définitive est inconnue, puisque le même facteur spécifique de la maladie provoque, dans un cas, une maladie aiguë se terminant d'une manière fatale en quelques semaines, tandis qu'une autre fois elle revêt une forme chronique traînant pendant des années. Brehmer,

Benecke, etc., ne sont pas parvenus à expliquer ces différences, mais Sokolowski croit qu'il faudrait pousser cette étude plus loin pour arriver à savoir s'il ne se présente pas des troubles dans tout l'échange nutritif des différents tuberculeux. C'est ce que Zuelzer et Stokvis ont déjà tenté pour le dernier stade de la tuberculose.

Il est prouvé cliniquement que certaines perturbations de l'organisme agissent sur le cours de la phthisie en le hâtant, comme le diabète, ou en le retardant, comme l'arthritisme et particulièrement la diathèse urique.

Sokolowski a observé : 1° Que, chez un grand nombre de phthisiques, les principaux symptômes ne sont pas produits par les troubles de l'appareil respiratoire, mais par ceux d'autres organes ou par une perturbation de l'état général, c'est-à-dire par une faiblesse progressive de longue durée, par du catarrhe gastro-intestinal, par des douleurs articulaires prolongées, etc. Chez les malades qui ont ainsi décliné, la tuberculose pulmonaire prend peu à peu pied à l'état latent et n'est reconnue que plus tard. Sokolowski attribue cette forme de développement de la tuberculose à l'*arthritisme* parce que, chez un grand nombre de malades, les symptômes arthritiques (douleurs articulaires, coliques néphrétiques, riches dépôts d'acide urique, etc.), avaient précédé les symptômes pulmonaires.

2° Un certain nombre de cas évoluent continuellement sans fièvre et ne présentent jamais de phénomènes hectiques.

3° On observe souvent des crachats sanguinolents et de riches pneumorrhagies.

4° Dans des cas anciens on ne remarque, du côté des poumons, que très peu de symptômes physiques qui, pour la plupart, sont monolatéraux et indiquent une ancienne

induration; jamais on n'a pu prouver clairement une destruction progressive.

5° Les troubles respiratoires sont très peu prononcés : toux généralement sèche, de temps en temps une expectoration renfermant plus ou moins de bacilles, dyspnée faible, sauf dans les cas très avancés.

6° Cette forme de la phtisie a une grande analogie avec la forme fibreuse, mais il semble que l'augmentation du tissu conjonctif n'apparaît que secondairement, après une évolution favorable des foyers tuberculeux des sommets.

Le diagnostic de cette forme n'offre aucune difficulté. Il est cependant important d'examiner les poumons chez tout arthritique.

Le pronostic de la tuberculose chez un arthritique est sensiblement meilleur que ne permet de l'espérer l'état général des malades.

Quant au traitement, s'il s'agit de douleurs arthritiques violentes, on recommandera des cures de montagne, de préférence dans le voisinage de bains salins ou sulfureux (Warmbrunn, Treuschin, Alveneu, etc.). Dans les cas de forte déperdition d'acide urique avec coliques rénales, on indiquera des cures de montagne avec l'emploi simultané et raisonné de sources alcalines muriatiques ou alcalines salines (Tarasp, Marienbad, Salzbrunn, etc.). S'il s'agit d'une faiblesse générale croissante, avec atonie de l'estomac et de l'intestin et perte de l'appétit, on conseillera un séjour dans un endroit plus élevé, accompagné d'un traitement hydrothérapique prudent (Davos, Saint-Moritz, Aulse, etc.).

Parfois les symptômes arthritiques apparaissent dans le cours de la phtisie. Sokolowski pense qu'il s'agit là d'une

diathèse urique artificielle. La tuberculose des sommets reste alors à l'état stationnaire, mais il se présente un développement général du tissu graisseux, une pléthore abdominale. L'auteur l'attribue :

1° à un exercice limité,

2° à une nourriture mal appropriée (hydrocarbures, graisses, etc.),

3° à des troubles de digestion (constipation, etc.).

Quant à ce qui concerne les différentes sortes de diètes, Sokolowsky admet, en se basant sur des analyses précises, que le lait augmente la réaction acide de l'urine et la déperdition d'acide urique.

M. le Dr VOLLAND, de Davos-Dörfli, entretient ses collègues de la *Tuberculose par inhalation*.

Une crainte générale de nos jours est celle de s'infecter de tuberculose en inspirant des bacilles en suspension dans l'air. L'auteur, en s'appuyant sur les expériences de Cornet, désire prouver que la tuberculose procurée par la respiration des bacilles est très rare.

Cornet a toujours trouvé le bacille dans le voisinage immédiat de phtisiques alités et malproprement tenus, c'est-à-dire entourés de leurs crachats. Ces bacilles étaient tantôt libres dans l'air, tantôt dans la poussière recouvrant les objets, mais seulement à une distance modérée des lits, particulièrement derrière la tête de ceux-ci à une distance de 3 mètres. Ensuite dans une chambre séparée dans laquelle Cornet expérimentait avec des bacilles de la tuberculose réduits en fine poussière, il en retrouva un très grand nombre sur sa table de travail, mais point sur une paroi beaucoup plus grande, éloignée de plusieurs mètres. Volland explique ce fait en admet-

tant que ces bacilles provenaient de ce qu'on avait secoué la literie souillée de crachats et qu'ils avaient voltigé suspendus à de petites fibrilles d'étoffe et s'étaient déposés dans le voisinage immédiat des lits ou sur la table, mais que, dans le fait, ils sont trop lourds pour pouvoir voltiger longtemps dans l'air avec d'autres essaims de bactéries plus facilement mobiles. Cornet dit en effet que le crachat est très hygroscopique et que sa réduction en fine poussière est rendue très difficile, même dans un mortier, à cause de la mucine qui lui donne une cohérence extraordinaire. S'il est si difficile de réduire artificiellement un crachat en poudre, ce sera encore bien plus le cas dans les circonstances ordinaires, par exemple en l'écrasant avec le pied. Il est donc faux de croire qu'on puisse désagréger si facilement un crachat desséché sur une couverture ou sur un mouchoir et en faire sortir aussitôt un nuage de germes infectieux.

Rembold et Schlisshake, dans une chambre habitée par des phthisiques et tandis qu'on y répandait des nuages de poussière en balayant le sol, en battant les matelas et les couvertures, en secouant la literie, ont aspiré de l'air à travers six filtres de ouate. S'étant servi de ces bouchons de ouate pour faire des inoculations, ils n'obtinrent qu'un résultat positif et un autre seulement probable, tandis que les quatre autres ne contenaient aucun bacille. Le danger n'existe donc que pour les personnes chargées de faire les lits des malades, et encore bien faiblement, puisque la grossière poussière d'un crachat ne peut voltiger comme des poussières plus fines (charbon, fumée, sable, etc.).

Si même de la poussière de crachats, au lieu de retomber sur le sol est entraînée par le courant respira-

toire, elle trouve dans le nez ou dans la bouche un espace beaucoup plus humide que la chambre; elle s'y reformera très rapidement en boule et ne pénétrera pas plus loin. C'est ce que confirment entièrement les données qui nous viennent de Gabersdorff, de Falkenstein, de Reinerz de Soden et des hôpitaux civils de Friedrichsheim et de Moabit sur le caractère de la tuberculose infectieuse parmi le personnel. De même l'expérience montre qu'il n'y a pas de contagion chez les femmes de chambre employées à Davos.

Il en est autrement de la tuberculose produite *artificiellement* par inhalation. Là, les conduits aériens supérieurs sont pour ainsi dire aussitôt desséchés par les masses de poussière inspirée avant que la poussière puisse pénétrer dans les conduits inférieurs. Schweining et Cornet rapportent le seul cas observé chez l'homme : celui du domestique de Tappeiner qui demeura imprudemment pendant longtemps dans les cloches d'inhalation où l'on infectait les chiens.

Les expériences de Cornet destinées à prouver la contagion de la tuberculose par inhalation démontrent au contraire indubitablement l'impossibilité de celle-ci chez l'homme dans les circonstances habituelles, mais il nous a rendu un service inappréciable en montrant qu'un tel danger n'existe pas ou que tout au moins il peut être diminué en prenant soin d'éloigner les crachats.

Volland partage l'opinion de Cornet que les crachats sont dangereux sinon pour les adultes du moins pour les enfants. Le poison peut s'introduire dans leur corps à travers de petites crevasses de l'épiderme ou des muqueuses du nez, de la bouche, des yeux ou des oreilles, provenant d'eczéma ou d'éruptions cutanées. Cornet rend

aussi attentif au danger d'infection par l'estomac et l'intestin, car les enfants après avoir touché toutes sortes d'objets, portent volontiers leurs doigts à la bouche.

Volland aimerait que les expérimentateurs imitassent davantage le prudent silence de Koch, qui n'a pas encore indiqué le moyen qu'il emploie depuis sept ans pour essayer de préserver les lapins de l'infection, de crainte qu'il ne soit aussitôt employé sur l'homme par les praticiens. En vulgarisant ce qu'on croit être de nouveaux moyens de guérison, on apporte seulement au malade une amère tromperie, on lui enlève l'espérance et on en fait un danger pour ses semblables. Il a même été question pour les phtisiques d'un internement forcé. Mais comme d'après les protocoles d'autopsie un septième de l'humanité meurt de tuberculose et que même suivant Cornet le tiers de tous les hommes a traversé une attaque de phtisie, on arriverait au résultat chimérique de mettre sous les verrous un tiers des humains !

Comment le poison arrive-t-il dans le corps si ce n'est par la respiration ? En voyant l'immense développement que le scrofuleuse a pris chez les enfants, Volland pense que dans l'immense majorité des cas la prétendue phtisie acquise n'est que la conséquence d'une infection scrofuleuse pendant l'enfance. Si l'on tient compte de ce que le germe tuberculeux peut aussi être un héritage congénital, on comprendra que le septième et même le tiers de l'humanité puisse traverser un accès de phtisie. Il n'est pas encore prouvé avec certitude que toute scrofuleuse soit en rapport avec la tuberculose, mais on est en droit d'admettre que toutes les fois que chez un scrofuleux les glandes ne redeviennent jamais complètement insensibles, c'est que le bacille persiste chez elles à l'état



de repos jusqu'à ce qu'il trouve l'occasion de commencer son œuvre de destruction dans un corps affaibli.

Il s'ensuit qu'il serait préférable de rendre le public attentif aux dangers de la scrofule et aux moyens par lesquels on peut en guérir les enfants, plutôt que de l'inquiéter par les dangers imaginaires de l'inhalation du poison de la tuberculose.

---

COMPTE RENDU  
DE  
L'EXCURSION DE LA SOCIÉTÉ BOTANIQUE SUISSE  
20-23 août 1890

---

L'excursion, à laquelle se joignirent une dizaine de participants, fut organisée comme suit :

Mercredi 20 août : de Davos à Sertig-Dörfli.

Jeudi 21 août : de Sertig-Dörfli à Bergün par la Bergünner Furka et le Val Tuors.

Vendredi 22 août : de Bergün à l'Hospice de l'Albula.

Samedi 23 août : excursion aux pentes du Piz Albula.

La liste des espèces récoltées ne mentionne que celles qui offrent un intérêt spécial.

I. CHAMPIGNONS déterminés par le Dr ED. FISCHER, Berne.

1. *Ustilago caricis* (Pers) Fuckel sur *Elyna spicata* Schrad. et *Carex rupestris* All. — Albula; roches calcaires au nord de l'Hospice.

2. *Uromyces Hedysari obscuro* DC. Aecidium et telentospores sur *Hedysarum obscurum* L. — Entrée du Kùthalpthal, vers Sertig.

3. *Uromyces Primulæ integrifoliæ* DC. Aecidium sur *Primula integrifolia* L., *viscosa* All., *Muretiana* Moritzi. — Albula, au pied de la Cresta Mora. Les Aecidium sont uniformément répartis sur la surface des feuilles déformées et jaunies, tandis que ceux de *Puccinia Primulæ* DC sont réunis en groupes serrés. Il est souvent difficile, à cause de la déformation des feuilles, de décider positivement

de laquelle des trois espèces de primevères il s'agit. On peut à la rigueur reconnaître les longues feuilles de *P. Viscosa*, les petites de *P. integrifolia*. Il est bien probable que l'hybride intermédiaire *P. Muretiana* n'échappe pas à la contagion.

4. *Puccinia Dubyi* J. Muller Arg., dans Huet du Pavillon : Description de quelques plantes nouvelles des Pyrénées (Ann. Sc. nat. botan., 1853, 3<sup>me</sup> série, vol. 19, p. 256). Teleutospores sur les feuilles d'*Androsace glacialis* Hopp. : Albula, au pied de la Cresta Mora. Masses de teleutospores arrondies ou irrégulières, recouvertes d'épiderme. Teleutospores brunes, oblongues, arrondies aux deux extrémités, rarement rétrécies vers le pédicelle, avec un étranglement peu marqué, au sommet tout au plus avec une petite papille incolore, peu développée. Longueur 25-28  $\mu$ , diamètre transversal 18  $\mu$ ; pédicelle court, inséré souvent latéralement sur la cellule inférieure. Un pore germinatoire au sommet de la cellule supérieure, un autre latéral sur la cellule inférieure, mais non pas immédiatement à côté de la paroi transversale. Cette *Puccinia* n'avait été jusqu'à présent observée que sur l'*Androsace Lageri* Reut. dans les Pyrénées, où elle avait été recueillie par Huet du Pavillon. J'ai pu me convaincre de l'identité du champignon récolté sur l'Albula avec le *P. Dubyi* par l'examen d'échantillons originaux que m'a procurés M. le prof. J. Müller Arg., à Genève.

La *Puccinia Soldanellæ* DC. se distingue de la *P. Dubyi* par ses dimensions plus grandes, par ses parois plus massives et par l'épaississement très développé du sommet des teleutospores, ainsi que par la position du pore germinatoire de la cellule inférieure rapproché de la paroi transversale. Les teleutospores de *Puccinia primulæ* DC. (observées sur *Primula elatior* Jacq., *officinalis* Jacq., *acaulis* Jacq. et *sibirica*, mais pas sur *P. integrifolia* L. et *viscosa* All. qu'on trouve à l'Albula) se rapprochent beaucoup de celles de la *Puccinia Dubyi*, mais ont une papille apicale plus développée.

5. *Chrysomyxa Rhododendri* DC. Les sapins entre Bergün et Naz sont fréquemment attaqués de ce champignon.

6. *Exobasidium Vaccinii* Woronin forme des petites galles, souvent réunies en groupes sur les feuilles du *Rhododendron intermedium* Tausch.

## II. LICHENS déterminés par le Dr HEGETSCHWEILER, Riffersweil, Zurich.

### 1. Davos et Fluelathal.

*Cetraria complicata* Laur., peu répandu sur les troncs de sapin dans la vallée de la Fluela.

*Solorina crocea*, sur terre, près de la cascade.

*Gladonia cenotea*, en belle fructification sur les troncs de sapins pourris.

## 2. Sertig — Bergün.

*Solorina bispora* Nyl., près de la cascade, sur la terre.

*Amphiloma hypnorum* Hofm., même localité.

*Gyrophora cinerascens* Ach., sur le granit, à la montée de la Furka de Bergün.

*Lecidea atrorufa* Dicks et *Lecidea Hookeri* Borr., sur terre, dans les mêmes localités.

*Lecidea aglæa* Srfllt, blocs de granit au sommet du col.

*Lecidea syncomista* Flke et *limosa* Ach., assez communes aux mêmes points.

*Cetraria cucullata* L., fréquente et en forts exemplaires stériles au sommet du col.

*Lecanora chrysophana* Koerb., granit près des ruisseaux des névés vers le sommet du col.

*Verrucaria elopima* Whlbg., fréquent sur les blocs calcaires du col.

## 3. Bergün — Hospice de l'Albula. Toutes les espèces précédemment énumérées s'y retrouvent, et, de plus :

*Cetraria (Platysma) diffusa* Web., très belle sur les troncs de sapins coupés près de Bergün.

*Thamnotia vermicularis* Ach. et *Lecanora mnoriaroea*, sur la terre près de l'Hospice de l'Albula.

## III. Mousses déterminées par M. AMANN, de Davos.

*Gymnostomum rupestre* Schw., schistes calcaires de Bergün, val Tuors, 1400 m.

*Anæctangium Compactum* Schl. Sertigthal, 1600 m.

*Weisia Wimmeriana* Sendtn. Albula-Pass et au-dessous de Preda, 1600 m.

*Weisia viridula* Bd. var. *ε gymnostoides*, Sertigthal, sur les murs, route de l'Albula à Bergün, près de Weissenstein.

*Cynodontium gracilescens* W. et M., blocs de gneiss vers Bergün. 1400 m.

*Cynodontium strumiferum* Hw., schistes calcaires de Bergün, 1400-1500 m.

*Cynodontium virens* Hw., commun, Sertigthal, Abula, 2400 m.  
*Dichodontium pellucidum* L., commun, Sertigthal, Val Tuors, route de l'Albula.

*Dicranella Grevilleana* B. E. Albula, derrière l'hospice, 2400 m.

*Dicranella cerviculata* Hw., abondante au Weissenstein.

*Dicranella curvata* Hw. et *D. subulata* Hw., terrains vagues (Davos), 1500 m.

*Dicranum Starkii* W. et M. 2000 m., répandue dans toute la région.

*Dicranum falcatum* Hw. Albula, 2200 m.

*Dicranum fuscescens* Tur., cascade à Sertig, 2000 m.

*Dicranum Mühlenbeckii* B. E., terrains vagues, Sertig, Val Tuors, route de l'Albula.

*Dicranum longifolium* Hw. Sertigthal, 1600 m., blocs de gneiss, Bergün.

*Dicranum albicans* Thed. Bergtner Furka, 2400 m., Albulapass, pied du Cresta Mora.

*Dicranum Grœnlandicum* Bd. Nouveau pour la Suisse (se distingue de *D. elongatum* Schw. par la nervure de la feuille). Blocs de granit sur le col.

*Dicranum palustre* Lpyl., terrains vagues (Davos), 1500 m.

*Campylopus Schimperi* Milde Bergtner Furka, 2800 m., mêlé avec *Zuria demissa*.

*Fissidens osmundoides* Hw., répandue dans le Sertigthal, Val Tuors, Albula bis 2400.

*Fissidens decipiens* de Not. Sertigthal, 1600 m.

*Blindia acuta* Dicks. Albulapass, 2000-2400 m., sur le granit humide.

*Distichium inclinatum* B. E. Sertigthal, Albula sur Bergün et au Weissenstein.

*Pottia latifolia* C. M. Albula sous Naz, 1600 m. La station la plus basse de cette mousse des hauts sommets.

*Leptotrichum homomallum* Hw., entrée du Sertigthal, 1500-1600 m.

*Leptotrichum flexicaule* Schwgr., rare, Val Tuors et Albula vers Bergün, Sertig.

*Leptotrichum glaucescens* Hpe. Sertigthal, murs le long de la route; Albula sur Bergün.

*Desmatodon latifolius* Hw., commun.

*Barbula rigida* Schultze, schistes calcaires sur Bergün, 1400 m.

*Barbula recurvifolia* Schp., route de l'Albula sur Bergün, 1400 m.

*Barbula fragilis* Wils. Sertigthal, 1600 m.

*Barbula inclinata* Schwgr. Sertigthal, Albulastrasse, jusqu'à 1600 m.

*Barbula acyphylla* B. E. Albula 2300 m., Val Tuors, jusqu'à 2400 m.

*Grimmia torquata* Grev. Route de l'Albula sur Bergün.

• *funalis* Schwgr. Bergtiner Furka, 2800 m.

• *alpestris* Schl., entre Davos et Sertigthal.

• *subulcata* Limpr. Bergtiner Furka, 2400 m.

• *sessitana* de Not. Bergtiner Furka, 2800 m.; Albula-pass. 2350 m.; Val Bevers, Piz d'Err, 3300 m.

*Grimmia mollis* Schp. var. *β aquatica*, Bergtiner Furka, 2600 m.; Val Tuors, 2700 m.; Albulapass, 2350.

*Racomitrium protensum* A. Br. Kùthalpthal et Val Tuors.

*Orthotrichum rupestre* Schl. Albula sur Bergün.

• *pallens* Bruch Albula sur Bergün (var. *octociliata*!)

*Eucalypta apophysata* Nees et Horn. Albulapass, derrière l'hospice, sur les débris calcaires, 2300 m.

*Dissodon Frœlichianus* Hw. Bergtiner Furka, 2600 m. Albula, sommet du col, 2300-2400 m.

*Tayloria splachnoides* Schl. Sertigthal, 1600 m., Bergün, 1400 m.

*Splachnum sphaericum* L. fil., montée de Bergtiner Furka, 2400 m. C'; Albulapass 2300 m. C'.

*Webera acuminata* Hppe et Horn. Sertigstrasse, sur les murs, forme typique, 1800 m. — Var. *ε arcuata* à Sertig et le long de la route de l'Albula, 1800 m.

*Webera polymorpha* Hppe et Horn. var. *ε brachycarpa* commun, de Sertig à l'hospice de l'Albula.

*Webera elongata* Dicks, Sertig, 1800 m., Bergtün 1300-1500 m.

*Webera Ludwigii* Sprgl. Bergtiner Furka, 2400-2800 m., Albulapass, 2300-2400 m.

*Bryum (Cladodium) arcticum* R. Br. Albulapass, 2300 m., derrière l'hospice.

*Bryum (Cladodium) pendulum* Horn *β compactum*, Albulastrasse près du Weissenstein.

*Bryum (Cladodium) inclinatum* Sw. Sertigthal, Albulastrasse jusqu'à 2000 m.

*Bryum (Eubryum) bimum* Schreb. Albula b. Weissenstein.

*Bryum (Eubryum) cirrhatum* Nees et Horn. Albula b. Weissenstein, sol tourbeux.

*Bryum (Eubryum) pallescens* Schl., Sertigthal, Val Tuors, Albula, commune.

*Bryum (Eubryum) Sauteri* B. E. Entre Davos et Wildboden, 1500-1600 m.

*Bryum (Eubryum) Schleicherii* Schwgr. Bergtner Furka, jusqu'à 2500 m. Albulapass 2300-2400 m. Val Bevers, 2400 m. (plus rare sur les roches calcaires que sur les siliceuses).

*Bryum (Eubryum) subrotundum* Br. E. Albulapass.

*Zieria julacea* Dicks. Albulastrasse sur Bergtner, rare.

• *demissa* Horn. Bergtner Furka, 2800 m. avec *Campyl. Schimperii*.

*Mnium spinosum* Voit. Sertigthal, Albula, 1600 m., commun.

*Amblyodon dealbatus* P. de B. Albulastr. sur Bergtner, 1400 m.

*Catascopium nigratum* Hw. Sertigthal 1600 m. Albula b. Weissenstein.

*Meesia uliginosa* Hw., forme typique, Sertigthal, 1600 m.

— Var.  $\beta$  *alpina*, Bergtner Furka, 2400 m. Albulastrasse, jusqu'à 2000 m.

— Var.  $\gamma$  *minor*, Albulapass, 2300 m.

*Conostomum boreale* Diks. Bergtner Furka 2700-2800 m. Albulapass 2300-2400 m., au pied de la Cresta Mora.

*Timmia megapolitana* Hw. Albulastrasse, jusqu'à 2200 m.

• *Austriaca* Hw. Sertigthal. 1600 m.

*Oligotrichum hercynicum* Ehr. Bergtner Furka, 2400 m., montée de la Cresta Mora, jusqu'à 2300-2400 m.

*Polytrichum sexangulare* Hoppe. Bergtner Furka, jusqu'à 2800 m., Albulapass 2300-2400 m.

*Diphyscium foliosum* W. et M., stérile, 2700 m., Bergtner Furka.

*Myurella jubacea* Villars. Sertigthal, jusqu'à 1800 m. Albulapass, 2300 m.

*Thuidium decipiens* de Not., abondante dans les ruisseaux sur l'Albula, 2300 m.

*Lescurea saxicola* Milde. Sertigthal, 2400 m.

*Orthothecium rufescens* Diks. Albulastrasse sur Bergtner.

*Ptychodium plicatum* Schl., Sertigthal, Albula, 2300 m.

*Brachythecium salebrosum* Hoffm. Sertig, jusqu'à 2000 m., Albula sur Bergtner.

*Brachythecium glaciale* B. E. Bergtner Furka, jusqu'à 2600 m. Albulapass, 2300-2400 m., montée de la Cresta Mora, 2400 m., Val Bevers, 2400 m.

*Eurynchium strigosum* Hoffm. var  $\beta$  *præcox*, Sertigthal, 2000 m., Albula sur Bergtner, 1400 m.

*Eurynchium diversifolium* B. E., murs le long des routes, Sertigthal 1600-1800 m.

*Phagiothecium pulchellum* Hw. Sertigthal, vers la cascade, 1800-1900 m. Albula sur Bergtner, 1400.

*Phagiothecium nitidulum* Wahl. Albula, sommet du col, 2300 m.

*Hypnum Halleri* L. fil. Sertigthal. vers la cascade, 1900 m., route de l'Albula, 1600.

*Hypnum aduncum* Hw. Albulapass, 2300 m.

*Hypnum intermedium* Lindb. Albula et Weissenstein, sommet du col, 2000 à 2300 m.

*Hypnum fluitans* Hw. var. *Rotæ*. Sertigthal, 2000 m. Albula, 2300 m.

*Hypnum sulcatum* Schp., montée de Bergünner Furka, 2600 m.

*Hypnum fastigiatum* Bd. Sertigthal, 1900 m. Albula sur Bergün.

*Hypnum Sauteri* B. E. Albula, jusqu'à 1400-1500 m.

*Hypnum Vaucheri* Lesq. Bergünner Furka, 2800 m. Albulapass, 2300-2400 m.

*Hypnum pratense* Koch. Albulapass, jusqu'à 2300 m., rare.

*Hypnum molle* Diks. Kùhalpthal, 2100 m.

*Hypnum arcticum* Sommerf., montée de la Cresta Mora, 2400 m.

*Hypnum stramineum* Diks. Albulapass, 2300 m.

*Hylocomium umbratum* Ehr. Sertigthal. bis 1800 m. Albula sur Bergün.

*Hylocomium Oakesii* Sull. Sertigthal, jusqu'à 2400 m. Albula b. Weissenstein.

*Andreæa petrophila* Ehr., commun sur la silice.

*Andreæa nivalis* Hook. Bergünner Furka, 2600 m. Albulapass, 2400 m. Val Bevers, 2400 m.

*Sphagnum acutifolium* Ehr. en fruits, terrains vagues (Davos), 1500 m.

*Sphagnum medium* Limpr. *Sph. contortum* Wils. *Sph. laricinum* Spr., terrains vagues, 1500 m.

#### IV. PLANTES VASCULAIRES déterminées par le prof. SCHRÖTER, Zurich.

*Draba Thomasii* Koch, sur les rochers calcaires près de l'Hospice, à 2400 m. et au bord de la route, près du premier pont. La plante a des rosettes stériles, mais par tous les autres caractères se rapporte bien à *D. Thomasii* (*confusa* Gaudin) de Zermatt et se distingue de *D. incana* L., plus répandue au nord des Alpes. Les rosettes stériles ne permettent pas de distinguer les deux espèces.

*Rapistrum rugosum* All. var. *glabrum* : route de l'Albula au-dessous de Weissenstein (1900 m.); certainement introduite!

*Alpine biflora* Wahl. Piz Uertsch, dolomite, 2600 m.

*Potentilla nivea* L. Albula, sur des blocs près de la route (Mlle Meyer, de Bâle).



*Saxifraga stenopetala* Gaud. Piz Uertsch, dolomite (2600 m.).  
*Laserpitium Gaudini* Moretti. Sertig, vers la cascade; terrains calcaires, 1900 m.

*Senecio abrotanifolius* L., abondant sur les pentes exposées au sud de la vallée de Bevers, au-dessous de la Fuorcla, sur le granit, 2430 m.

*Willemetia hieracioides* Monn. Val Tuors, 2400 m.; terrain granitique vers le petit lac de Murtel du Crapalv.

*Crepis Jacquini* Tausch : Schiahorn (Davos) 2600 m. Mittaghorn et Kùhalpthal, 2180 m. Piz Uertsch., sur la dolomite.

*Crepis hyoseridifolia* Tausch. Piz Uertsch. (Albula).

*Rhododendron ferrugineo*  $\times$  *hirsutum* (*intermedium* Tausch).  
 Sertig, vers la cascade, 1900 m.

*Pedicularis incarnata* Jacq. Calcaires du Kùhalpthal, Bergünner Furka, 2400 m.

*Pedicularis recutita* L. même localité.

*Pedicularis incarnata*  $\times$  *recutita* (*atrorubens* Schleich.). même localité.

*Pedicularis cæspitosa* Sieb. Bergünner Furka, à 2700 m.

*Euphrasia minima* Jacq.

„ „ var. *flava*, *bicolor*, *pallida*; toutes dans le Kùhalpthal.

*Primula integrifolia*  $\times$  *viscosa* All. (*Muretiana* Mor.), sur l'Albula et la Beverser Furka.

*Plantago serpentina* Vill., route de Bergün à Weissenstein, 1400 à 1900 m.

*Salix myrsinites* L. Sertig, Albula.

„ *herbacea* L. Bergünner Furka.

„ *retusa* L., commune.

„ *serpyllifolia* Scop. Albula.

„ *daphnoides* Vill. Sertig., en buissons de 3-4 m., le long du ruisseau, à 1800 m.

*Salix hastata* L. Sertig, Albula.

„ *cæsia* Vill. Sertig, abondant le long du ruisseau.

„ *arbuscula* L. (var. *fætida* Koch), rare, Sertig, 1900-2000 m.

*Salix Waldsteiniana* Willd, espèce dominante dans les buissons près de Sertig et à Naz (route de l'Albula).

*Salix helvetica* Vill, Bergünner Furka, Val Tuors, Albula.

*Salix helvetica* var. *spuria*, Kùhalpthal.

„ „ „ *velutina*, Bergünner Furka.

*Salix glauca* L., Albula.

„ *nigricans* Sm. Sertig.

„ *caprea* L., Sertig.

„ *grandifolia*, Sertig.

*Goodyera repens* R. Br. dans les forêts, route de l'Albula, au-dessus de Bergün.

*Kobresia caricina* Willd. Alpes de Ponte, Albula.

*Carex rupestris* All. Albula : roches calcaires derrière l'Hospice.

- *microglochis* Wahl. Albula.
- *dioica* L., Albula.
- *Davalliana* Sm., Albula, 2400 m.
- *curvula* L., Bergtner Furka, Albula.
- *echinata* L., var. *Grypus*. Albula.
- *lagopina* Wahl. Val Tuors, 2350 m. Albula.
- *brunescens* Poir., Albula.
- *bicolor* All., Albula.
- *Goodenooii* Gay, Albula.
- *Vahlia* Schk., Albula.
- *nigra* All., Albula, Sertig, Tuors.
- *atrata* L., Albula.
- *aterrima* Hopp, Val Tuors.
- *firma* Host, Kùhalpthal, Albula.
- *capillaris* L., Albula.
- *sempervirens* Vill., Sertig, Tuors.
- *ampullacea* Good., Beverser Furka, 2400 m.

*Phleum alpinum* L., var. *commutatum*, Val Tuors, 2400 m., Albula.

*Koeleria hirsuta* Gaud., abondante sur les pentes rapides de la vallée de Bevers jusqu'à 2400 m.

*Avena pratensis* L., abondante le long de la route de l'Albula jusqu'à Weissenstein, à 1900 m.

*Trisetum subspicatum* Beauv., Bergtner Furka, Val Tuors, Albula, Beverser Furka, Val Bevers.

*Poa distichophylla* Gaud., Val Tuors, Bergün (1400 m.); route de l'Albula (1600 m.).

*Poa laxa* Hænk., var. *flavescens* Thom. Bergtner Furka, 2812-2830 m.

*FESTUCA PULCHELLA* Schrad., var. *FLAVESCENS* Stebler et Schröter, une nouvelle variété *albino*, se distinguant du type par la couleur blanche jaunâtre des épillets. Sertig, vers la cascade.

*Festuca alpina* L. abondant au sommet du Schiahorn, près de Davos, à 2712 m.

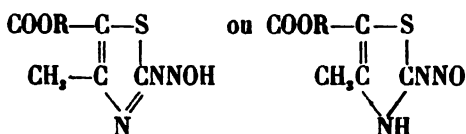
*Festuca pilosa* Hall. fil., vallée de Bevers et Beverser Furka, à 2350 m.

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

## CHIMIE

A. HANTZSCH. DIAZOTHIAZOLS ET LEURS DÉRIVÉS. (*Berichte*, XXIII, p. 1476, Zurich.)

On peut diazoter les amidothiazols, et ces combinaisons viennent d'être isolées à l'état d'hydrates, elles ont pour formule

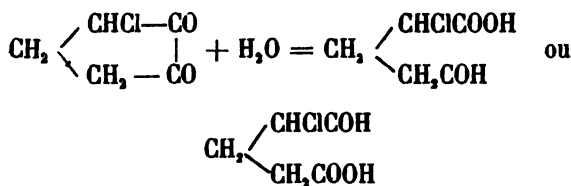


si l'on considère le corps formé comme la combinaison nitrosée d'une imidothiazoline. Le groupe NO peut être remplacé par H, Cl, Br ou J, mais pas par OH, au moins directement, car les oxythiazols peuvent être obtenus en traitant les thiazols halogénés par un alcali à chaud.

A. HANTZSCH. OUVERTURE DE LA CHAÎNE FERMÉE DU PENTAMÉTHYLÈNE (*Berichte*, XXIII, 1483, Zurich).

Ince a montré que les dicétopentaméthylènes pouvaient réagir comme dicétones sans qu'il y ait ouverture de la chaîne fermée, tandis que les réactions avec  $\text{NH}_2$  ou  $\text{SH}_2$  indiquent que la chaîne se brise; l'auteur admet que cette dislocation a toujours lieu lorsque la substance est en dissolu-

tion et qu'il y aurait formation d'un acide ayant la constitution d'un acide p. aldéhydobutyrique chloré.



Il discute cette hypothèse.

R. NIETZKI et OTTO ERNST. DÉRIVÉS DE LA DIPHÉNYLAMINE ET DE LA PHÉNAZINE (*Berichte*, XXIII, 1882, Bâle).

Il n'est pas encore certain que le bleu de toluyène soit un dérivé de la diphénylamine; les auteurs ont cherché à préparer des dérivés de la p. phénylène diamine, qui seraient les analogues les plus rapprochés de ce bleu, ainsi que du rouge de toluyène. Par l'action du dinitrochlorbenzol  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}^1\text{NO}_2^2\text{NO}_2^3$  sur la p. phénylènediamine ou sur la monoacétylparaphénylènediamine, ils ont obtenu la dinitroamidodiphénylamine, feuilles à éclat métallique, fusibles à  $177^\circ$ . Cette combinaison, réduite, donne la triamidodiphénylamine, qui est la leukobase d'un corps analogue au bleu de toluyène; par oxydation, on obtient une matière colorante d'un bleu violet, peu stable. En traitant le sel d'étain de la triamidodiphénylamine par le peroxyde de manganèse additionné de carbonate de chaux, et ajoutant après cuisson et filtration NaCl et quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on obtient la diamidophénazyne, longues aiguilles fusibles à  $250^\circ$ , solubles en jaune dans l'eau avec belle fluorescence. Les sels teignent la soie et le coton mordancé au tannin en rouge teinté de jaune.

COMPTE RENDU DES SÉANCES  
DE LA  
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES  
A LAUSANNE

---

*Séance du 2 juillet 1890.*

M. F.-A. Forel. Microbes pathogènes de l'eau du lac Léman.

M. F.-A. FOREL. Analyse d'un mémoire de MM. Lortet et Despeignes, de Lyon, intitulé : *Recherches sur les microbes pathogènes des eaux potables de Lyon* (*Revue d'hygiène*, XII, n° 5. Paris, 1890), qui intéresse l'histoire naturelle du lac Léman. Les auteurs, engagés dans des recherches sur les microbes qui fourmillent dans la vase déposée dans les galeries filtrantes des eaux du Rhône à Lyon, ont demandé à M. Forel de leur envoyer, comme terme de comparaison, de la vase du lac Léman. Divers échantillons, dragués en plein lac à 2 kilom. de la rive par 40-50 mètres de fond, se sont trouvés contenir des microbes pathogènes; de l'eau salie par cette vase, injectée à dose massive (1 cm<sup>3</sup> par 100 gr. d'animal) à des cobayes, a amené un œdème rapidement mortel. Le sang de l'animal ainsi inoculé s'est montré lui-même infectieux; injecté à d'autres cobayes, il a amené la mort avec des symptômes suffisamment identiques. Plusieurs séries d'inoculations ont donné des résultats uniformes, avec très peu d'échecs.

Il résulterait de ces expériences que la vase relativement pure du plein lac, vase qui n'a en rien les caractères de la

fange, contiendrait des microbes pathogènes capables de causer une maladie mortelle au cobaye.

En regard de ces faits, qui semblent fort graves au point de vue hygiénique, M. Forel constate :

1° que l'usage de l'eau du lac, comme eau alimentaire et potable, pratiqué depuis 175 ans par la population de Genève, n'a jamais chez l'homme ou les animaux domestiques causé de maladies septiques qui aient pu faire donter de la salubrité de ces eaux ;

2° que jamais les riverains du Léman n'ont constaté de maladies septiques provoquées par le lavage ou le bain dans l'eau du lac de plaies ou de blessures permettant l'introduction de germes pathogènes dans les tissus. Bateliers, pêcheurs, lavandières, qui sont constamment en contact avec l'eau du lac, ne sont pas victimes de maladies infectieuses spéciales.

Malgré les faits intéressants constatés par les microbiologistes de Lyon, l'usage hygiénique de l'eau du Léman ne semble pas causer d'accidents appréciables.

### *Séance du 5 novembre.*

M. Bieler. Influence de la nourriture sur la coloration des papillons. —

M. F.-A. Forel. Rectification au sujet de la théorie sur la formation des lies.

M. BIELER, directeur, rappelle qu'il a énuméré dans une précédente séance un certain nombre de facteurs qui peuvent modifier la coloration des animaux et des plantes, et, en confirmation des indications qu'il a données sur ce sujet, il présente à la Société une douzaine de papillons *Chelonia caja*, dite « écaille martre. »

Cinq de ces papillons pris en liberté, et qui ont reçu une nourriture variée, présentent des raies blanches très prononcées, comme c'est la règle, et sur l'abdomen de petites raies transversales, foncées, variables de dimensions, mais assez prononcées.

Trois autres papillons proviennent de chenilles qui ont été

élevées par M. Pouly, et qui ont été nourries par lui exclusivement de feuilles de laitues; ces trois exemplaires ont les raies blanches de l'aile supérieure à l'état normal, mais les raies foncées de l'abdomen sont beaucoup moins prononcées qu'à l'état naturel.

Enfin, trois autres papillons proviennent de chenilles que M. Pouly a eu la patience de nourrir presque exclusivement de feuilles de noyer. Quoique l'élevage se soit trouvé défectueux à cause de l'état des feuilles de noyer de cette année, on peut constater un rétrécissement très marqué des raies blanches sur les ailes supérieures des trois exemplaires que M. Bieler présente de la part de M. Pouly.

M. F.-A. FOREL, en continuant ses recherches sur la *genèse du lac Léman* (v. séances du 8 janvier et du 5 mars 1890), a retrouvé dans les œuvres de Ch. Lyell (*Antiquité de l'homme*, p. 332 de la trad. Chaper. Paris, 1864) l'énoncé d'une théorie presque identique à la sienne. Il se hâte de rendre hommage à l'antériorité de l'auteur anglais, et se borne à réclamer le fait d'être arrivé au même résultat indépendamment des travaux de son prédécesseur et par une autre voie que lui. Sir Ch. Lyell a du reste compliqué sa théorie en faisant intervenir les glaciers comme agents conservateurs du bassin des lacs, pour les empêcher d'être comblés par l'alluvion torrentielle pendant un affaissement trop lent de la région supérieure des vallées. M. Forel juge ce complément inutile et même non justifié.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

OCTOBRE 1890

---

Le 1<sup>er</sup>, très forte rosée le matin; de 7 h. à 9 h. et demie du soir, éclairs dans les directions de l'WNW. au NNW.; de 9 h. 30 m. à 10 h. du soir, orage allant du NW. à l'E.; forte averse pendant 10 minutes à 9 h. 45 m. du soir. Éclairs dans différentes directions pendant une partie de la nuit à partir de 10 h. du soir.

3, forte rosée le matin et le soir.

4, très forte rosée le matin et le soir; brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin.

5 et 6, brouillard enveloppant à 7 h. du matin; forte rosée le matin et le soir.

7, brouillard enveloppant de bon matin; très forte rosée le matin et le soir.

8, forte bise depuis 9 h. du soir.

9, forte bise jusqu'à 7 h. du matin.

10, brouillard à 7 h. du matin.

11, brouillard à 7 h. du matin; forte rosée le soir.

12, brouillard enveloppant à 7 h. du matin; forte rosée le soir.

13, brouillard enveloppant le matin; très forte rosée le matin et le soir.

14, brouillard enveloppant jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

15, brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin.

16, violent vent du Sud pendant la nuit et jusqu'à 7 h. du matin.

17, neige sur les montagnes environnantes.

20, brouillard à 7 h. du matin.

21, forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.

22, forte bise depuis 7 h. du soir.

23, forte bise jusqu'à 9 h. du soir.

24, légère neige le matin.

25, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

26, fort vent à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

27, quelques flocons de neige à 1 h. du soir.

28, très forte gelée blanche le matin; forte bise de 1 h. à 4 h. et depuis 9 h. du soir.

29, forte bise jusqu'à 4 h. du soir.

30 et 31, très forte gelée blanche le matin.



*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 10 h. matin.....	736,76	Le 1 <sup>er</sup> à 6 h. soir.....	728,21
12 à 10 h. matin.....	737,72	8 à 1 h. soir.....	729,35
17 à 9 h. soir.....	727,70	16 à 8 h. matin.....	721,46
23 à 11 h. matin.....	735,46	18 à 4 h. soir.....	723,87
29 à 11 h. soir.....	729,49	26 à 6 h. soir.....	716,19

---

Jours du mois.	Baromètre		Température C.				Fract. de saturation en millimètres				Pluie ou neige		Vent dominant.	Vitesse moyenne	Temp. du Rhône		Linnimètre à 11 h.					
	Hauteur moy. des 24 h.	Ecart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.			Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h.		Midi.	Ecart avec la temp. normale.			
1	730.48	+ 3.32	728.24	731.07	+17.69	+ 5.28	+11.3	+24.5	775	—	550	980	1.5	...	SSW.	4	0.43	17.0	+1.3	146.0		
2	732.09	+ 5.26	729.09	734.99	+16.57	+ 4.33	+11.1	+22.2	714	—	580	980	2.7	1	variable	4	0.39	17.2	+1.6	145.7		
3	735.96	+ 9.17	734.98	736.76	+11.08	+ 4.00	+ 6.2	+15.8	730	—	590	840	...	...	S.	0	0.23	16.3	+0.9	146.5		
4	734.94	+ 8.45	733.44	736.42	+ 9.85	+ 2.06	+ 3.3	+17.2	853	—	620	1000	...	...	N.	1	0.20	16.1	+0.8	145.6		
5	732.60	+ 5.87	731.47	734.20	+11.55	+ 0.49	+ 6.3	+19.0	821	—	530	1000	...	...	N.	0	0.22	...	...	143.0		
6	734.55	+ 4.86	730.42	732.46	+11.49	+ 0.38	+ 4.6	+18.2	879	—	530	1000	...	...	N.	0	0.20	15.9	+0.8	141.2		
7	731.44	+ 4.76	730.53	732.28	+11.59	+ 0.49	+ 5.4	+18.4	886	—	710	1000	...	...	SW.	0	0.38	15.7	+0.7	139.8		
8	730.25	+ 3.62	729.35	731.87	+12.20	+ 0.97	+ 7.0	+17.7	864	—	740	990	0.8	1	NNE.	4	0.87	15.9	+1.4	139.5		
9	732.95	+ 6.35	731.73	734.26	+10.39	+ 0.66	+ 8.2	+13.4	690	—	540	810	...	...	NNE.	1	0.65	15.9	+1.2	138.9		
10	734.35	+ 7.78	733.63	734.89	+ 9.20	+ 4.68	+ 5.7	+13.7	818	—	700	930	...	...	variable	...	0.50	15.4	+0.5	137.5		
11	735.35	+ 8.81	734.76	736.63	+ 8.80	+ 1.63	+ 3.9	+13.9	884	—	740	930	...	...	N.	0	0.35	14.8	+0.3	136.4		
12	736.85	+ 10.34	735.99	737.72	+ 8.06	+ 2.30	+ 3.5	+14.8	895	—	720	990	...	...	SW.	0	0.50	14.9	+0.7	134.7		
13	736.45	+ 9.97	735.30	737.97	+ 8.27	+ 1.91	+ 3.9	+15.3	945	—	820	990	...	...	SW.	0	0.72	14.7	+0.6	134.3		
14	733.58	+ 7.43	734.10	735.85	+ 8.06	+ 0.74	+ 6.4	+17.0	885	—	670	1000	...	...	SSW.	1	0.97	14.9	+1.0	136.3		
15	728.37	+ 1.95	726.43	730.88	+10.74	+ 0.35	+ 5.0	+14.7	699	—	590	780	5.7	4	SSW.	1	0.83	14.8	+1.0	134.0		
16	723.27	+ 3.43	724.66	725.77	+10.48	+ 2.76	+ 4.9	+10.6	912	—	600	940	7.6	10	SSW.	1	0.98	14.6	+1.9	132.0		
17	726.46	+ 0.09	724.68	727.70	+ 7.02	+ 2.63	+ 5.4	+12.7	789	—	570	880	...	...	SSW.	1	0.83	14.6	+1.9	132.0		
18	725.01	+ 1.34	723.87	727.22	+ 7.35	+ 2.12	+ 5.4	+12.7	789	—	570	880	...	...	SSW.	1	0.98	14.6	+1.9	132.0		
19	725.44	+ 0.89	724.40	726.49	+ 6.53	+ 2.76	+ 4.6	+14.2	894	—	690	990	2.9	8	SE.	0	1.00	...	...	135.0		
20	727.38	+ 1.07	726.28	729.06	+ 7.39	+ 1.72	+ 4.6	+14.2	894	—	690	990	4.0	4	NNE.	4	0.70	14.5	+1.8	136.8		
21	730.64	+ 4.35	729.25	732.79	+ 5.97	+ 2.96	+ 0.9	+10.2	636	—	470	870	...	...	NNE.	1	0.03	14.1	+2.1	140.2		
22	733.81	+ 7.54	733.04	734.68	+ 3.49	+ 5.36	+ 4.0	+ 5.5	630	—	390	760	...	...	NNE.	2	0.77	14.6	+1.4	140.5		
23	734.72	+ 8.47	734.21	735.46	+ 2.54	+ 6.06	+ 0.4	+ 5.1	507	—	330	640	...	...	NNE.	2	0.48	14.7	+1.2	144.0		
24	732.47	+ 5.93	730.63	734.19	+ 2.33	+ 6.06	+ 0.2	+ 4.5	809	—	600	910	1.8	12	variable	12	...	...	+1.7	139.2		
25	728.47	+ 2.25	725.49	730.38	+ 5.88	+ 2.33	+ 2.0	+10.4	898	—	740	930	2.5	3	SSW.	1	1.00	11.0	+1.6	139.0		
26	722.08	+ 0.63	718.16	725.30	+ 9.24	+ 1.20	+ 6.4	+12.5	817	—	660	920	4.2	2	SSW.	1	0.98	14.0	+1.6	138.0		
27	722.57	+ 0.67	725.00	724.63	+ 9.24	+ 1.20	+ 6.4	+12.5	817	—	660	920	...	...	SSW.	1	0.72	10.2	+2.2	138.5		
28	725.51	+ 0.67	725.00	726.69	+ 2.02	+ 5.66	+ 2.7	+10.4	712	—	500	860	...	...	NNE.	2	0.78	10.0	+2.2	140.3		
29	728.39	+ 2.92	726.91	729.49	+ 2.75	+ 5.66	+ 0.2	+ 5.9	674	—	430	940	...	...	NNE.	2	0.17	8.0	+4.1	144.3		
30	727.97	+ 1.80	725.60	729.40	+ 0.66	+ 6.66	+ 4.6	+ 6.5	774	—	380	970	...	...	SW.	0	0.28	8.4	+3.5	145.7		
31	723.54	+ 2.65	720.17	725.26	+ 3.04	+ 4.13	+ 4.0	+11.7	689	—	430	930	...	...	S.	0	0.58	9.2	+2.6	145.5		
Mois	730.07	+ 3.57			+ 7.97	+ 1.91			780	— 51									0.58	12.45	—1.53	139.54

## MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	<sup>mm</sup> 732.68	<sup>mm</sup> 732.39	<sup>mm</sup> 733.01	<sup>mm</sup> 733.14	<sup>mm</sup> 732.37	<sup>mm</sup> 731.94	<sup>mm</sup> 732.37	<sup>mm</sup> 733.11
2 <sup>e</sup> »	730.33	729.84	729.82	730.23	729.68	729.25	729.59	729.79
3 <sup>e</sup> »	728.35	728.20	728.54	728.59	727.73	727.27	727.58	727.62
Mois	730.38	730.08	730.40	730.59	729.86	729.42	729.77	730.09

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	+ 8.87	+ 8.15	+ 9.29	+ 13.85	+ 16.26	+ 16.80	+ 13.50	+ 10.32
2 <sup>e</sup> »	+ 6.07	+ 5.69	+ 6.48	+ 8.99	+ 11.90	+ 11.40	+ 8.85	+ 7.33
3 <sup>e</sup> »	+ 2.31	+ 1.31	+ 1.27	+ 4.82	+ 6.88	+ 6.21	+ 4.53	+ 3.53
Mois	+ 5.64	+ 4.94	+ 5.54	+ 9.08	+ 11.53	+ 11.30	+ 8.82	+ 6.95

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	898	926	895	711	657	679	818	851
2 <sup>e</sup> »	892	924	913	843	732	728	856	888
3 <sup>e</sup> »	762	782	801	687	572	585	667	723
Mois	848	874	867	745	651	662	777	817

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel	Eau de pluie ou de neige.	Luminosité
1 <sup>re</sup> décade	+ 6.88	+ 17.98	+ 16.12	0.42	<sup>mm</sup> 5.0	<sup>cm</sup> 142.37
2 <sup>e</sup> »	+ 4.48	+ 13.68	+ 13.61	0.72	27.7	134.95
3 <sup>e</sup> »	— 0.13	+ 8.14	+ 8.22	0.59	23.7	111.13
Mois	+ 3.62	+ 13.10	+ 12.45	0.58	56.4	139.54

Dans ce mois l'air a été calme 42,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 1,72 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 16°.4, E. et son intensité est égale à 15,9 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1890

Le 1<sup>er</sup>, fort vent à 10 h. du matin.

2, pluie de 10 h. du matin à 1 h. du soir, puis brouillard; forte bise à 1 h. du soir.

8, forte bise jusqu'à 7 h. du matin; brouillard à 1 h. et depuis 7 h. du soir;  
légère pluie à 4 h. du soir.

15, légère neige à 7 h. du soir, puis brouillard.

16, neige pendant tout le jour; forte bise depuis 1 h. du soir.

17, forte bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 7 h. du matin, puis brouillard.

18, légère neige à 7 h. du matin, ainsi qu'à 7 h. et 10 h. du soir; brouillard à 4 h.  
du soir; forte bise depuis 7 h. du soir.

19, forte bise pendant tout le jour; neige jusqu'à 4 h. du soir, puis brouillard.

20, brouillard pendant tout le jour; forte bise de 1 h. à 7 h. du soir.

21, brouillard depuis 10 h. du soir.

23, brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.

24, brouillard pendant tout le jour.

25, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 10 h. du soir.

26, brouillard jusqu'à 7 h. du matin, puis neige; forte bise depuis 1 h. du soir.

27, brouillard pendant tout le jour; forte bise jusqu'à 4 h. du soir.

28, brouillard depuis 10 h. du matin; forte bise depuis 10 h. du soir.

31, brouillard depuis 10 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm.		mm.
Le 3 à 10 h. soir.....	574,43	Le 2 à 3 h. matin.....	569,35
13 à 7 h. matin.....	575,23	8 à 3 h. soir.....	568,02
17 à 10 h. soir.....	560,89	16 à 9 h. soir.....	556,47
22 à minuit.....	565,01	19 à 4 h. matin.....	557,84
30 à midi.....	562,20	27 à 4 h. matin.....	555,38

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe.	Maximum. observé au barographe.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.		
1	571.39	+ 5.33	570.23	572.53	+ 6.85	+ 5.34	+ 4.0	+ 9.8	SW.	0.37
2	570.34	+ 4.57	569.35	570.98	+ 4.30	+ 0.05	+ 1.0	+ 4.9	NE.	0.97
3	573.03	+ 7.35	570.95	574.43	+ 5.23	+ 4.02	+ 1.0	+ 9.2	NE.	0.18
4	574.14	+ 8.55	573.95	574.37	+ 8.45	+ 7.39	+ 3.8	+ 11.5	NE.	0.02
5	572.60	+ 7.10	571.95	573.90	+ 7.86	+ 6.95	+ 5.0	+ 11.2	NE.	1.00
6	574.62	+ 6.21	574.32	572.08	+ 7.46	+ 6.70	+ 3.6	+ 10.8	NE.	1.00
7	574.12	+ 5.80	570.52	574.67	+ 5.00	+ 4.39	+ 2.8	+ 7.5	NE.	0.15
8	569.00	+ 3.76	568.02	570.38	+ 1.56	+ 4.09	+ 1.1	+ 5.8	NE.	0.15
9	570.05	+ 4.90	568.90	571.40	+ 4.64	+ 4.29	+ 0.5	+ 7.8	NE.	0.03
10	574.81	+ 6.75	571.00	572.60	+ 5.23	+ 5.05	+ 2.6	+ 7.8	NE.	1.00
11	573.35	+ 8.38	572.60	574.70	+ 6.40	+ 6.38	+ 3.2	+ 10.0	NE.	1.00
12	574.82	+ 10.04	574.28	575.23	+ 5.86	+ 6.00	+ 3.0	+ 9.4	NE.	1.00
13	574.83	+ 7.74	570.10	574.05	+ 5.48	+ 5.78	+ 2.7	+ 8.7	NE.	1.00
14	572.44	+ 4.69	565.00	569.70	+ 0.86	+ 4.73	+ 2.4	+ 7.2	variable	0.03
15	567.03	+ 5.14	563.47	569.70	+ 4.24	+ 1.46	+ 1.3	+ 3.8	NE.	1.00
16	559.83	+ 5.34	556.85	560.89	+ 8.34	+ 3.49	+ 9.0	+ 0.3	NE.	2.00
17	559.22	+ 5.24	557.84	561.04	+ 7.24	+ 6.17	+ 8.8	+ 7.0	NE.	1.00
18	559.07	+ 5.24	557.84	561.04	+ 6.37	+ 5.15	+ 8.5	+ 4.5	NE.	0.83
19	564.79	+ 0.36	562.78	562.88	+ 6.62	+ 5.25	+ 9.0	+ 4.7	NE.	1.00
20	563.76	+ 0.46	562.78	565.01	+ 12.65	+ 5.10	+ 9.0	+ 4.7	NE.	0.32
21	564.50	+ 0.27	564.05	565.01	+ 12.89	+ 11.06	+ 14.8	+ 10.5	NE.	1.00
22	561.23	+ 0.74	562.40	564.08	+ 9.17	+ 7.19	+ 16.0	+ 9.5	NE.	0.33
23	563.44	+ 0.74	562.40	564.08	+ 9.17	+ 7.19	+ 14.5	+ 6.7	NE.	1.00
24	562.61	+ 0.49	561.30	563.20	+ 5.94	+ 3.81	+ 9.0	+ 4.1	NE.	0.58
25	558.71	+ 5.01	556.00	563.10	+ 2.15	+ 0.13	+ 6.8	+ 0.5	NE.	1.00
26	558.71	+ 5.01	556.00	563.10	+ 2.15	+ 0.13	+ 6.8	+ 0.5	NE.	0.58
27	556.27	+ 7.38	553.38	557.40	+ 4.05	+ 7.72	+ 13.8	+ 6.0	NE.	1.00
28	557.17	+ 6.41	556.90	557.70	+ 4.00	+ 11.42	+ 16.0	+ 12.5	NE.	1.00
29	560.02	+ 3.49	557.95	561.75	+ 8.85	+ 6.12	+ 15.2	+ 5.4	SW.	0.02
30	564.39	+ 2.05	560.70	562.20	+ 6.39	+ 3.51	+ 8.9	+ 4.4	NE.	1.00
31	559.83	+ 3.54	558.97	560.14	+ 4.50	+ 1.48	+ 7.8	+ 1.7	SW.	0.07
Mois.	566.07	+ 1.47			+ 1.60	+ 1.12				0.46

## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	571,52	571,20	571,26	571,75	571,34	571,45	571,62	571,74
2 <sup>e</sup> » ...	566,57	566,06	566,20	566,21	566,14	566,04	565,95	566,02
3 <sup>e</sup> » ...	561,20	560,95	561,02	561,20	561,07	560,91	561,07	561,03
Mois .....	566,26	565,91	566,00	566,22	566,08	565,96	566,05	566,09

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	+ 4,34	+ 7,03	+ 7,35	+ 6,46	+ 4,82	+ 4,35
2 <sup>e</sup> » ...	- 1,08	+ 0,58	+ 1,27	- 0,70	- 1,63	- 2,17
3 <sup>e</sup> » ...	- 9,09	- 7,20	- 6,75	- 7,90	- 8,75	- 8,98
Mois .....	- 2,18	- 0,10	+ 0,39	- 0,95	- 2,08	- 2,18

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	mm	mm		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	+ 2,14	+ 8,63	0,27	5,0	—
2 <sup>e</sup> » ...	- 3,45	+ 1,73	0,58	50,5	650
3 <sup>e</sup> » ...	- 11,98	- 6,00	0,52	17,0	220
Mois .....	- 4,67	+ 1,21	0,46	72,5	870

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 6,72 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N 45° E., et son intensité est égale à 89,2 sur 100.

# L'EAU DANS LE PAYSAGE

---

DEUXIÈME PARTIE

## COURS ET CHUTES D'EAU

PAR

**M. J. PICCARD**

Prof. à Bâle.

---

Avec planches VIII, IX, X.

---

Dans une première partie publiée dans la livraison de juin 1889 des *Archives*, nous avons soumis à une discussion mathématique les phénomènes de réflexion sur une surface ondulée, phénomènes qui jouent un rôle important dans le paysage lacustre.

Le point de départ étant d'ordre artistique, mais la méthode purement scientifique, cette étude n'était adressée exclusivement ni aux artistes, ni aux savants : notre double intention était d'engager les uns à raisonner les phénomènes qu'ils savent en général si bien observer, les autres à ouvrir les yeux sur une foule de choses de la nature dont ils pourraient jouir s'ils savaient les voir. Les encouragements reçus de part et d'autre nous enga-

ARCHIVES, t. XXIV. — Décembre 1890.

39



gent à poursuivre la même voie; cependant, pour atténuer ce qu'elle pourrait avoir d'insolite, nous renverrons cette fois les considérations historiques ou purement théoriques à un article spécial sur « la veine liquide. »

Supposons, pour engager la discussion sur le terrain pratique, que nous priions quelques personnes non prévenues de représenter au crayon, de mémoire, un cours ou une chute d'eau. Nous pouvons être sûrs que neuf sur dix rendront le papier après avoir timidement risqué quelques traits parallèles qui rappellent bien plutôt les ornières d'une route ou les crins d'une queue de cheval. Et pourtant, nous voyons tous les jours couler des liquides d'une gouttière, d'une carafe, d'un pot; tous nous avons assisté au jeu des ruisseaux et des cascades.

Dans l'idée de celui qui les a tracées, ces lignes parallèles sont censées représenter le chemin que parcourent les molécules d'eau, c'est-à-dire un mouvement, quelque chose d'immatériel qui échappe par sa nature même à toute représentation graphique. Il est vrai que lorsque le mouvement d'un point lumineux est très rapide, il laisse sur la rétine l'impression d'une ligne : on est autorisé à représenter ainsi un éclair, un obus, une fusée; mais on hésitera à recourir à cet artifice pour rendre une flèche qui passe dans l'air ou une épée qui est en train de s'abattre. Pour l'eau on fera bien de n'en user qu'avec modération. De fait, ces traits parallèles n'existent pas, ou pas sous cette forme. D'ailleurs ils n'indiquent nullement si le courant va de droite à gauche ou vice versa. Nous recherchons avant tout des effets plastiques.

Les effets qui accompagnent le mouvement de l'eau sont, malgré leur extrême variété et leur complication apparente, soumis à des lois hydrauliques immuables qu'il

est possible de fixer par le raisonnement et par l'expérimentation. Même seule, l'observation finit à la longue par en développer un sentiment inconscient chez l'habitant des rives : pêcheur, batelier, flotteur, des sens particuliers lui font deviner, d'après les apparences de la surface, mille choses invisibles qui se passent sous l'eau. Il va sans dire que nous avons aussi peu l'intention d'explorer à fond un si vaste domaine, que de courir à de faciles procédés. Nous désirons seulement, en marquant la voie de quelques jalons, prouver que ce sujet est franchement abordable et que art et science ont tout avantage à s'y engager en se donnant la main.

Quels sont les phénomènes typiques de l'eau courante qui, à simple vue, font naître en nous l'impression du mouvement dans un sens déterminé et qui sont susceptibles d'être rendus graphiquement ?

1. Commençons nos expériences en fixant dans toute la largeur d'un canal à fond plat et uni un barrage peu élevé. Immédiatement en amont du barrage, l'eau refoulée formera un bourrelet sur le dos duquel on observe tout un système de fines stries parallèles. Suivant la profondeur et la rapidité du courant, il peut se former un second ou plusieurs bourrelets analogues, mais de dimensions décroissantes (Pl. VIII, fig. 1); ce sont des ondes stationnaires que nous pourrions appeler ondes ou vagues de remous.

Pour simplifier, nous négligerons ce qui se passe au-dessous du barrage. Par contre, nous voulons rechercher ce qui arrive quand le barrage est assez élevé pour forcer la formation d'un petit lac. On pourrait s'attendre à ce que l'eau passât graduellement en diminuant de vitesse et en augmentant de profondeur, suivant une courbe

régulière, de l'état de mouvement à celui de repos relatif. Ce n'est pas le cas; le passage se fait brusquement, avec choc : tout le système de bourrelets et de stries qui était auparavant immédiatement en amont du barrage se trouve transporté à l'endroit où l'eau du canal vient se heurter contre l'eau quasi-stagnante du lac. Or, non seulement ces deux points peuvent être fort éloignés l'un de l'autre, mais, chose à noter, l'effet, qui est le remous, se manifeste *avant* la cause, qui est l'obstacle (fig. II). C'est ainsi qu'aux apparences de la surface, le flotteur qui descend une rivière peut juger des variations de vitesse, de la profondeur du courant, des dimensions et de la position des récifs cachés sous l'eau, souvent fort en aval du point où il se trouve. Mais, n'est-ce pas là aussi le but suprême de l'art, de faire pressentir par les formes extérieures ce qui se passe dans le domaine des choses invisibles, de faire deviner la réalité sans la mettre à nu ? L'eau se prête éminemment à ce but : elle obéit à des lois mécaniques, non comme une machine qui les accuse lourdement, fatalement, mais avec une variété d'allures et une légèreté qui laissent le champ libre à l'imagination.

2. Dans notre canal d'expérience, réduisons le barrage à un simple obstacle au milieu du courant. L'onde de remous, au lieu d'être droite, s'infléchit des deux côtés et prend la forme d'une parabole en  $\Lambda$  plus ou moins ouverte suivant la vitesse du courant. De plus, les branches de la parabole, renvoyées par les parois latérales du canal, si celui-ci n'est pas trop large, dessinent en dessous de l'obstacle une figure où apparaissent déjà les premières traces de losanges (fig. III).

Enfin, disposons les obstacles sur les bords du canal. Nous constatons que les ondes qui en partent se dirigent

vers le milieu du courant et que, par leur croisement avec celles qui viennent de la rive opposée et par leur propre renvoi, il se produit à la surface de l'eau tout un système de losanges (fig. iv, phot. 1 et 2).

Voilà le phénomène typique par excellence de l'eau courante de nos ruisseaux : chaque inégalité du rivage, promontoire ou anse, herbe ou caillou, pieux ou pile de pont, tout est le point de départ de lignes centripètes qui vont, en ondulant gracieusement, se perdre dans le courant ou se rencontrer avec d'autres pour former un quadrille de rhombes souvent du plus charmant effet. A la direction de ces lignes, l'observateur devine le sens du courant; leur inclinaison lui fournit une mesure exacte de sa vitesse. Le peintre peut en tirer parti dans le même but. Les représentations que nous en donnons tant par le dessin que par la photographie n'ont, cela va sans dire, aucune prétention artistique.

3. Pour les cascades, pas plus que pour les ruisseaux, nous n'essayerons d'épuiser le sujet : nous nous contenterons de faire ressortir quelques-uns des points les plus saillants; mais ici la plus grande variété des phénomènes nous obligera à entrer dans plus de détails.

Prenons pour point de départ le cas d'un vase incliné, verre, pot, seille ou seau, qui se vide. Comment se montre la nappe liquide qui en sort? On peut parier dix contre un qu'une personne prise à l'improviste la représentera comme dans notre fig. v par des traits paraboliques parallèles. Il n'est même pas rare de rencontrer des productions artistiques dans ce goût-là datant de l'époque où l'on composait des paysages de fantaisie à l'atelier. Sans être trop sévère pour ces errements qui ne sont pas encore très loin de nous, nous voulons tâcher de faire mieux et de corriger une à une les fautes de notre figure.

Laissons de côté, pour le moment, la forme générale en ruban, qui est fausse, pour nous occuper d'abord de la question des traits verticaux. Ils sont formés par la série A,  $a$ ,  $\alpha$  des points où passe successivement (ou plutôt est censée passer) une même molécule d'eau. Est-ce là une raison qui prouve leur existence matérielle? A coup sûr, pas. Il faut bien concéder que dans certains cas, comme celui d'une nappe mince qui tombe d'un barrage régulier ou glisse sur un rocher uni, les irrégularités de celui-ci peuvent produire des raies dans le sens du courant; cependant les vrais peintres ne font qu'un usage très modéré de la ligne droite.

N'existe-t-il pas plus de raisons d'analogie entre les points A et B ou  $\alpha$  et  $\beta$ , qui appartiennent pourtant à des génératrices différentes, qu'entre les points A et  $\alpha$  de la même génératrice? Supposons la nappe liquide décomposée en veines élémentaires; on sait que chacune d'elles a une constitution différente dans ses différentes parties : à son origine elle est pleine, unie, transparente; plus bas elle présente des renflements et des rétrécissements réels ou apparents; plus bas encore elle se résout en gouttelettes distinctes. La nappe doit avoir par conséquent une tout autre constitution en A qu'en  $\alpha$ , mais la même en A qu'en B. Raison donc pour représenter d'une manière analogue, non pas les points de la même parabole, mais ceux de la même rangée *horizontale*.

De même au point de vue de la réflexion des objets environnants, la surface parabolique faisant dans sa partie supérieure un angle plus faible avec l'horizon, doit se comporter différemment que dans sa partie inférieure : en A comme en B, elle reflétera plutôt le ciel; en  $a$  et en  $b$  elle reflétera peut-être des rochers; tandis qu'en  $\alpha$  et  $\beta$  elle est blanche et ne reflète plus rien du tout.

Indépendamment des phénomènes que nous étudierons plus loin, et quelque paradoxal que ça puisse paraître, nous devons donc dire : s'il y a des bandes, des zones dans une cascade, elles ont plus de raison d'être horizontales que verticales. Notre figure vi, encore fausse et incomplète à beaucoup d'égards, éveille déjà mieux le souvenir d'une chute d'eau que la figure v, qui nous a servi de point de départ. Par cette disposition plutôt horizontale que verticale des effets de lumière, de couleur, de reflets, l'image gagne considérablement en vie et en vérité.

4. Quand, par des observations répétées, on a habitué son œil aux particularités de l'élément liquide, on finit par distinguer dans chaque jet un peu rapide, qu'il soit dirigé horizontalement, de haut en bas ou de bas en haut, un mouvement saccadé, vibratoire, une sorte de trépidation, de pulsation. D'abord on croit à une illusion d'optique; mais la photographie instantanée et d'autres observations ne laissent aucun doute à cet égard : *le mouvement dans un jet d'eau n'est jamais continu, mais intermittent, périodique*. La fig. vii, qui représente un jet d'hydrante ou de pompe à feu, au moment où on le redresse, et la fig. viii un jet d'eau vertical sortant d'un orifice un peu large, sont la reproduction schématique mais fidèle de nombreuses observations. Les figures photographiques 3 et 4, Pl. X, prises d'après nature au trop-plein d'un canal d'usine, un dimanche, lorsque ni roue ni turbine n'était en mouvement, sont convaincantes.

A quoi tiennent ces intermittences ? A la même cause qui fait que l'air passant par un trou de serrure entre en vibrations et produit un son ; à la même cause qui fait que la fumée d'une cheminée, au lieu de sortir

d'une manière continue, s'échappe parfois en panaches régulièrement ondulés : c'est que l'eau, comme l'air, quoique à un moindre degré, est élastique, que les différences de pression s'y propagent par ondes. Pour plus amples renseignements, nous devons renvoyer au chapitre de la physique qui traite des ondulations; du reste, la théorie de la vague liquide est compliquée et loin d'être épuisée. Nous tenons seulement à constater que l'eau, comme l'air, est excessivement disposée, chaque fois qu'il y a changement de vitesse d'un courant, soit par le choc sur un corps étranger (c'est le cas dans la phot. 3 où un obstacle dans le lit d'un canal incliné, fait rebondir l'eau), soit par le rétrécissement brusque ou l'élargissement du canal, à entrer en vibrations et à les communiquer, soit aux parois de l'orifice d'où elle s'échappe, soit à l'objet contre lequel elle vient se heurter. Les personnes à oreille fine prétendent distinguer le son fondamental d'une cascade. Savart a déterminé celui de la veine liquide.

5. Dans les cascades il y a une autre cause de discontinuité de chute; ce sont les vagues de la rivière ou du bassin supérieur d'alimentation, vagues qui, en se continuant dans la chute, y produisent ces bouffées ou bouillons d'un si bel effet (Pl. IX).

Ce phénomène est beaucoup accentué par la résistance de l'air : quand, pour une raison ou pour une autre, une de ces gerbes se hasarde un peu en dehors de la route de celle qui la précède, les masses projetées en avant, ayant à ouvrir la voie, ralentissent leur mouvement et sont rejointes par celles qui suivent. C'est un phénomène d'accumulation analogue à celui que produit la lame sur la plage et la « barre » à l'embouchure des fleuves, sous l'action de la marée. Mais bientôt ces hardies fusées,

déchirées, éparpillées par la cause même qui les a produites, le frottement de l'air, finissent par être réduites en poussière.

Placé trop près, l'observateur absorbé par mille détails n'est pas frappé, aussi bien qu'à distance, par les phénomènes d'ensemble et leur périodicité. A la planche IX on distingue, dans les grandes chutes, les rangées périodiques de gerbes qui se transforment partiellement en fusées; dans la petite chute du premier plan, la même disposition en bandes horizontales ou inclinées; enfin, dans le resserrement tumultueux entre deux rochers, les bouillons ou vibrations produites par le choc. Nulle part la ligne verticale.

Lorsque les vagues arrivant du bassin d'alimentation atteignent le bord supérieur de la cascade parallèlement à ce bord, les bouillons sont disposés en bandes horizontales. Si au contraire l'onde arrive en biais, elle forme dans la chute des rangées de franges inclinées, fig. ix. Si enfin la cascade est alimentée par un ruisseau avec les ondes caractéristiques de la fig. iv, partant des deux bords pour se diriger vers le centre, ces ondes se continuent de même dans la cascade sous la forme de losanges plus ou moins stationnaires. Ici encore, nous sommes loin des lignes verticalement parallèles.

6. Il est temps de nous occuper plus particulièrement de la forme et de la constitution de la nappe liquide. Dans la fig. v elle est représentée comme un ruban par deux traits parallèles, telle que toute personne non prévenue la dessinerait de mémoire. En réalité, elle est absolument différente, à savoir telle que la fig. x nous la montre.

Commençons par le haut. Immédiatement à l'ouverture d'écoulement, dès l'instant où elle est librement



abandonnée à elle-même, la nappe commence à se rétrécir et à prendre la forme d'une langue triangulaire pointue dans le bas. Avant de la suivre plus loin, cherchons la cause de cette première déformation.

Quand on fait l'expérience avec un vase cylindrique incliné, comme dans la fig. v, on est tout d'abord disposé à attribuer le rétrécissement à la direction oblique centripète communiquée aux molécules latérales par la forme elliptique de la surface de l'eau à l'intérieur du vase. Mais cette explication est insuffisante, puisque la nappe s'échappant d'un tube, d'un canal ou d'un vase prismatique à parois parallèles, affecte la même forme (fig. x, phot. 7, 8, 10, 11).

L'explication qui se présente en seconde ligne consiste à faire appel à l'accélération de vitesse pendant la chute, accélération qui doit avoir pour conséquence nécessaire une diminution progressive de la surface de tranche. La preuve expérimentale que ceci n'a rien à faire avec la forme triangulaire qui nous occupe, c'est que, lorsqu'on dirige de bas en haut le jet sortant d'un tube aplati, il n'en prend pas moins, dès sa sortie, la forme de langue (fig. xi).

Serait-ce peut-être que les parties latérales du ruban liquide, ayant à vaincre dans le canal ou dans le tube un frottement plus considérable que les parties centrales du courant, ont à leur sortie une vitesse moindre que ces dernières et sont par conséquent attirées par elles ? L'effet existe incontestablement, mais nous démontrerons dans une note spéciale sur la veine liquide qu'il est tout à fait négligeable par rapport à une autre cause.

Après avoir éliminé l'une après l'autre toutes les causes que l'on pourrait invoquer, nous arrivons à la

conclusion forcée : la cause essentielle qui contraint les bords d'une nappe liquide tombant librement à se rejeter vers le centre, c'est la force de *cohésion*, ou plutôt (pour se servir d'un terme plus précis et plus moderne qui exclut toute confusion avec d'autres forces moléculaires telles que viscosité, etc.) la *tension capillaire*. C'est la force qui sollicite une masse liquide suspendue librement à prendre la forme sphérique, aussi bien dans l'expérience bien connue de Plateau que dans le monde des astres. Ce n'est que dans cet état de *moindre surface* que les attractions entre les molécules sont en équilibre. Une nappe liquide tombante doit donc tendre vers une forme cylindrique ou approchante. Devient-elle vraiment un cylindre et garde-t-elle cette forme ? Que se passe-t-il plus bas ? Ce sont des questions qui exigent la connaissance d'autres particularités de la langue première.

7. Constitution de la nappe liquide. Quand l'eau est soumise à un choc ou une pression, cette pression ne se répartit pas insensiblement dans toute la masse en diminuant graduellement. Nous avons déjà constaté cela dans la formation des bourrelets aux changements de pente dans les cours d'eau (fig. II). Voici une autre expérience.

Fermions lentement un robinet jusqu'à ce que la veine liquide ne coule plus qu'à fil (fig. XV). Ici l'orifice étant absolument cylindrique, le rétrécissement est dû d'un côté à l'adhérence du liquide aux parois de l'orifice, de l'autre à l'accélération ; il se produit dans tous les sens également. Intercalons un corps solide ou une surface liquide à quelques centimètres de l'orifice. La pression au bas de la colonne augmentant par la résistance, on pourrait s'attendre à ce que la veine prit la forme continue de deux cônes renversés (fig. XVI). Il n'en est rien ; mais

il se forme des bourrelets, des nœuds à place fixe qui donnent à la veine l'apparence d'un chapelet (fig. xvii). Ce phénomène intéressant non seulement comme action à distance (§ 2), mais aussi comme action vibratoire (§ 4), a déjà été observé et fort bien décrit par Savart dans le second de ses mémoires.

Or, ce que la pression causée par le choc produit ici, la pression causée par l'attraction cohésive (pression capillaire, tension superficielle) le produit sur les bords de la nappe liquide : il s'y forme une série de bourrelets. La coupe du jet perd la forme de l'orifice dès qu'il l'a quitté, mais l'augmentation d'épaisseur aux dépens de la largeur ne se fait pas d'une manière continue : la nappe centrale est encore mince et unie, que les bords sont déjà transformés en épais cordons suivis d'autres plus petits. C'est le même système de bourrelets et de rides que nous avons rencontrés aux § 1 et 2. Les stries d'un bord se croisent avec celles du bord opposé, la langue se couvre d'un système de losanges du plus joli effet (fig. x, et en coupe fig. xviii).

8. Maintenant que nous connaissons en détail la forme et la constitution de la nappe liquide dans sa partie supérieure, voyons ce qui en résulte plus bas.

Dès la sortie du canal, les molécules latérales de la nappe sont soumises à l'action d'une composante de vitesse horizontale centripète qui les refoule vers le milieu. Celles du milieu, au contraire, rejetées en dehors, acquièrent aussi une composante horizontale, mais centrifuge (fig. xiv). Le point d'équilibre stable serait celui où le jet aurait la forme cylindrique. Mais ici il y a différentes choses à observer.

De même que le balancier n'arrête pas son oscillation

lorsqu'il est arrivé au point d'équilibre stable, mais la dépasse d'autant en sens inverse, grâce à l'inertie, ainsi l'oscillation horizontale des molécules d'eau, en se répétant, produit une nouvelle nappe dans un plan perpendiculaire au premier, mais cette fois en forme de double langue, c'est-à-dire de disque ou lentille. Le phénomène se renouvelant, un second rétrécissement est suivi d'un nouveau disque dans le même plan que la langue primitive, et ainsi de suite : les disques alternant dans les deux plans verticaux de largeur et de profondeur, comme dans un *fidibus* de papier. Dans les photographies 10 et 11, un miroir disposé à 45° dans le plan vertical, reproduit à côté de la veine vue de face, l'image de celle-ci vue de profil. Mécaniquement on peut démontrer le mouvement dont la veine est le siège, au moyen d'un parallélogramme à tiges de bois qu'on abaisse, tout en le maintenant horizontal, et en le faisant passer, par compression alternative des extrémités, de la forme allongée, fig. xxv, à la forme carrée, puis à la forme allongée dans l'autre sens, fig. xxvi, pour revenir au carré, le dépasser, etc.

L'exemple du « *fidibus* » n'est pas absolument exact. On comprend tout d'abord que, grâce à l'accélération, les disques vont en s'allongeant et s'écartant de plus en plus — on en distingue facilement huit, quelquefois douze ou plus — jusqu'à ce qu'enfin les molécules d'eau, cédant à cette action dissociante de la pesanteur, préfèrent se grouper en gouttelettes sous l'influence de la cohésion.

Une autre différence, c'est que les disques ne sont pas simplement superposés comme dans un *fidibus*; ils emboîtent les uns dans les autres; c'est-à-dire que l'un commence à se former par écartement avant que le précédent ait fini de se rétrécir. Ceci est la conséquence

nécessaire d'une troisième différence, à savoir que les disques ne sont pas simplement aplatis, mais minces dans le milieu, comme la langue primitive dont ils dérivent, et flanqués d'épais cordons sur les bords (fig. XVIII). On peut donc considérer chaque disque comme formé par le choc des deux cordons du disque supérieur. Si ce choc se faisait dans un plan horizontal, le nouveau disque s'étalerait également dans tous les sens; il aurait pour centre le point de choc. L'accélération s'en mêlant, l'étalement se prolonge plus loin en dessous qu'en dessus; le disque est décentré, mais il ne cesse pas pour cela d'empiéter sur le précédent. C'est comme les anneaux d'une chaîne qui entrent les uns dans les autres.

Nulle part, même au point de surface minimum, le jet ne peut donc être cylindrique : en cet endroit il affecte la forme d'une croix arrondie, fig. XIX.

On voit que, dans le phénomène en apparence si simple d'une chute d'eau, toutes les complications qui surgissent une à une à plus ample examen, sont en train de s'expliquer logiquement jusque dans les moindres détails. Nous pouvons déjà tirer une conclusion importante : toute masse d'eau tombante, si elle n'est pas à son origine rigoureusement cylindrique et verticale, devient nécessairement le siège d'oscillations horizontales, — indépendamment des vibrations verticales dont il a été question au § 4. — Pas une seule molécule dont la masse se compose ne suit dans sa chute une ligne droite ou parabolique; toutes sans exception décrivent une trajectoire serpentant en zigzag. Voilà le phénomène général; suivons-le dans quelques-unes de ses particularités.

9. Il ne suffit pas que le jet soit rigoureusement cylindrique à son origine pour qu'il conserve cette forme.

Quand il sort horizontalement en plein goulot d'une fontaine, les trajectoires paraboliques, supérieure et inférieure, perdent leur parallélisme en s'infléchissant et produisent par leur rapprochement un aplatissement du jet. De ce fait naissent des oscillations horizontales, peu accentuées, il est vrai, mais qui suffisent, si les conditions d'éclairage sont favorables, à procurer l'illusion de renflements et rétrécissements, fig. XXI.

Même lorsqu'une veine liquide sort verticalement du fond d'un vase par un orifice circulaire, il lui arrive de prendre une forme hélicoïdale à la suite d'un mouvement de rotation qui se développe petit à petit dans le vase. Tout cela indépendamment des vibrations verticales dont le fond du vase devient le siège et qu'il communique à tout le jet.

Autre particularité. La nappe en forme de langue se garnit sur ses bords extérieurs, comme nous l'avons décrit plus haut, de bourrelets ou cordons. Quand tout est rigoureusement symétrique, ces deux cordons forment, en se rencontrant au bas de la langue et en s'aplatissant l'un contre l'autre, une seconde nappe dans un plan perpendiculaire au premier, et ainsi de suite. Mais quand, pour une raison ou pour une autre, légère inclinaison du canal par exemple, il arrive que les deux cordons ne se rencontrent pas exactement, l'un passe devant l'autre; il en peut résulter deux choses. Ou bien ils s'enroulent en tire-bouchon l'un sur l'autre et continuent ensemble une route hélicoïdale (fig. XXII, phot. 7); ou bien aussi, pour un rien, ils se manquent et, lancés en sens contraire, sans se soucier de la mince nappe médiane qui les unissait, ils s'en vont chacun de son côté pour ne plus se retrouver. La nappe première est scindée en deux veines

qui, oubliant leur origine commune, restent définitivement séparées (phot. 8).

Quand la nappe est très mince et très large, comme celle qui se répand d'un barrage de rivière, il suffit d'inégalités insignifiantes au barrage pour provoquer une division en plusieurs petites nappes distinctes. Considérons-en deux voisines (fig. xxiii) : il peut arriver que le cordon *a* de celle de gauche et le cordon *c* de celle de droite, arrivant dans le voisinage l'un de l'autre, se marient ; ainsi se trouvent réunies des molécules d'eau qui, une fraction de seconde auparavant, étaient sorties du déversoir à une grande distance l'une de l'autre. Inversement, deux molécules voisines jusque-là, arrivées ensemble au même point *b* du harrage, se trouvent divorcées, l'une passant par *b*<sub>1</sub>, l'autre par *b*<sub>2</sub>, pour arriver en bas à une grande distance l'une de l'autre. De même pour les molécules *a*<sub>1</sub> et *a*<sub>2</sub> sorties du même point *a*. *Dans la chute la plus régulière, pas une molécule n'arrive au bas par le chemin le plus direct.* Ces mêmes molécules qui voyageaient parallèlement dans le lit du canal, calmement et sagement les unes à côté des autres, les voilà, dès qu'elles sont arrivées au barrage, prises subitement d'un fol besoin de liberté, se jetant de droite, de gauche, s'unissant, se séparant, se réunissant encore ; c'est un va-et-vient qui ne cesse que lorsqu'elles sont de nouveau emprisonnées dans le lit régulier du ruisseau. *De là ce serpentement des filets d'eau, ce scintillement, ce tremblotement qui est le propre des cascades en nappes étalées* et qui en fait le charme. Nos reproductions photographiques, fig. 5 et 6, rendent, pour autant que c'est possible graphiquement, la plupart des caractères que nous venons de décrire.

10. Voilà ce qui se passe normalement, sous l'in-

fluence des seules forces, pesanteur, cohésion et inertie, quand l'eau s'écoule d'un orifice régulier ou par-dessus un barrage horizontal. Combien tout se complique quand ces conditions de régularité ne sont pas remplies ou que d'autres forces se mettent de la partie. Il en est une qui joue un grand rôle dans le sujet qui nous occupe, c'est l'*adhérence* entre les molécules (hétérogènes) d'eau et des parois du vase. C'est cette nouvelle force qui engage souvent un liquide à suivre une tout autre voie que celle qui lui est mécaniquement indiquée par l'inertie, la pesanteur et la cohésion. Il se lance alors dans des chemins défectueux : au lieu de prendre celui de la coupe tendue pour le recevoir, il se met en tête de préférer un bord de bouteille et de venir se répandre sur la nappe blanche. Au lieu de se précipiter dans le gouffre avec ses compagnes, quelque veine capricieuse se laisse tenter, pour un rien, à glisser le long d'une paroi de rochers et à venir dessiner ces filets d'argent souvent plus gracieux que la cascade même.

Et pourtant, l'adhérence est une force physique dont les effets peuvent, jusqu'à un certain point, être prévus, calculés. Il est d'autres facteurs variables à l'infini, mais encore calculables, qui font pour ainsi dire partie de la cascade et contribuent à lui imprimer un caractère spécial, individuel; ainsi sa hauteur, sa plus ou moins grande masse d'eau, la nature du lit et la forme de l'ouverture d'où elle s'échappe, celle des rochers sur lesquels elle glisse ou contre lesquels elle rebondit. Chaque cours d'eau a sa vie propre. Les païens ont personnifié les fleuves en entourant leur berceau et leurs rives de divinités; pour nous aussi, le torrent et ses cascades sont « l'âme de la vallée. » Pour le rendre il faut le comprendre.



Mais il est une force étrangère et imprévue qui déjoue toutes nos prévisions, c'est le *vent*. « Alors, dans les airs, ce sont des assauts sans fin entre la sylphide coquette et le lutin qui la poursuit. Tantôt il la saisit à l'improviste et l'enlève d'un souffle pour la laisser retomber brusquement; tantôt il l'agace, lui fait mille niches, mille espiègeries; puis il s'enhardit, il l'embrasse, il la fait pirouetter sur elle-même avec une rapidité toujours plus folle, et souvent il la prend si bien sur son aile que, semblable à une volée de petits nuages flottants, elle blanchit au loin dans l'espace. Mais bientôt le ruisseau se reforme, il ondoie et se balance comme une écharpe mobile, pendant que tout autour, mille filets limpides se glissent le long du roc et font à la cascade reine une joyeuse cour de cascadelles. »  
(E. R.)

---

OBSERVATIONS  
SUR  
LA VEINE LIQUIDE  
ET LES CONSTANTES CAPILLAIRES

•  
PAR  
M. J. PICCARD  
Prof. à Bâle.

— — — — —  
Avec la planche VIII.  
— — — — —

La veine liquide a été l'objet de très nombreuses études scientifiques, tant expérimentales que théoriques. Peut-être serait-il temps de les soumettre à un travail d'unification et de condensation. Ce n'est pas ici le lieu pour un essai de ce genre; mais je désire cependant, avant d'aborder la question que j'ai encore en vue, préciser quelques points concernant la veine aplatie.

*Félix Savart*<sup>1</sup> [*Ann. chim. et phys.*, tome 53 (1833), page 337; tome 54 (1833), page 55 et 113; tome 55 (1833), page 257] s'occupe presque uniquement des veines lancées par des orifices circulaires en *mince paroi*, et cela pour différentes raisons, dont une excellente : c'est le cas qui se prête le mieux à une sortie intermittente de

<sup>1</sup> Peut-être sous l'influence de *Giorgio Bidone* [*Esperienze sulle contrazione delle vene d'acqua. Mem. Tur.*, XXVII, 1828, et *Mem. Soc. it.*, XX, 1828-29].

l'eau et, par cela même, à la formation des *vibrations verticales* (longitudinales) qui sont l'objet essentiel de ses ingénieuses recherches. Dans l'étude qui précède, nous avons eu l'occasion de mentionner ces vibrations verticales à propos des trépidations propres aux jets d'eau (fig. VII et VIII) et aux chutes avec choc (phot. 3). Nous n'y reviendrons pas et ferons simplement remarquer que les renflements et rétrécissements de Savart ont souvent été confondus avec les phénomènes, analogues en apparence, mais totalement différents dans le fond, qui résultent au contraire de *vibrations horizontales* (transversales).

G. Magnus, qui, dans l'espace de dix ans, ne publia pas moins de trois longs mémoires sur la veine liquide [*Pogg. Ann.*, LXXX (1850); XCV (1855); CVI (1859)], ne s'en tint pas à l'orifice circulaire; il étendit ses recherches aux orifices de formes diverses, carrés, rectangulaires, en croix, etc.: mais à l'instar de Savart, il opéra surtout en mince paroi. Ce qui est indiqué dans un cas ne l'est pas toujours dans l'autre. Quand il s'agit, par exemple, d'étudier les effets causés par les vibrations horizontales résultant de la *forme* d'une veine, il y a tout avantage, pour les expériences comme pour les raisonnements, à éliminer toutes les causes antérieures à la formation de la veine.

Or, les molécules liquides qui, dans le fond d'un vase, se pressent à la sortie d'une fente en mince paroi, arrivent de toutes les directions imaginables et introduisent ainsi dans la veine, *avant même qu'elle soit formée*, des composantes horizontales de mouvement, qui peuvent avoir des effets fort intéressants, mais qu'il est inutile de faire intervenir dès le commencement de la discussion.

Je n'insisterai pas sur les perturbations expérimenten-

tales; quand on a travaillé avec l'appareil de Magnus, on sait combien il est gênant de devoir attendre que l'eau du réservoir soit arrivée à l'état de repos; tandis que si l'on travaille avec des orifices tubulaires, les mouvements de l'eau dans le réservoir ne se communiquent pas à la veine : les molécules arrivent à la sortie toutes parallèlement et sans autres composantes horizontales que celles qu'y peuvent faire naître les différences de forme de la veine elle-même.

Le raisonnement ne se ressent pas moins de ces complications. La première et longue explication que Magnus donne de la contraction en forme de langue au-dessous de la fente s'appuie précisément sur ces causes secondaires (*Pogg.*, 1855, page 35 et suivantes). Ce raisonnement peut se résumer brièvement à ceci :

Les molécules arrivant des diverses régions du vase au bord de l'ouverture (fig. xxvii) ont trois composantes de vitesse; les composantes horizontales ont pour conséquence de comprimer la veine à sa naissance. Si la veine est aplatie, sa *résistance* à la compression est moindre dans la direction des grands rayons de courbure que dans celle des petits; les parties centrales de la nappe doivent donc céder sous la pression des bords et s'épanouir dans un plan perpendiculaire au premier.

Comme seconde cause, Magnus fait intervenir la *cohésion*. Mais il est loin de lui faire une part assez large : « De même que la résistance des masses contenues dans le jet, de même aussi agit la cohésion » (*Pogg.*, XCV, page 36). Et plus loin : « les changements causés par la cohésion seule sont beaucoup plus faibles que ceux produits par les deux causes réunies, *résistance* et *cohésion* » (page 38).

Dans cette conclusion citée textuellement, il y a une confusion de termes qui se prolonge malheureusement bien au delà du travail de Magnus. La question ne se pose pas entre « résistance » et « cohésion, » qui sont d'ordres différents. La résistance est la réaction opposée à la compression; il y a toujours résistance, comme il y a toujours compression. La question est de savoir quelle est la cause de la compression. Est-ce l'affluence oblique des molécules qui se pressent à l'orifice dans le fond du vase, ce qu'on pourrait appeler en allemand « seitlichen Schub, » en français la *poussée*? Ou bien est-ce la *cohésion*? Si les deux causes sont réunies, quelle est la part à faire à chacune d'elles? Enfin n'y aurait-il pas une troisième cause en jeu?

Avant de répondre à ces questions, observons que le terme de cohésion n'est pas à l'abri de malentendus. Le genre de cohésion dont il s'agit ici, et qu'il ne faut pas confondre avec d'autres propriétés de la matière, telles que viscosité, adhérence, etc., est cette force d'attraction moléculaire qui, se compensant à l'intérieur du liquide, ne se manifeste qu'à la couche extérieure par la *tension superficielle* ou *pression capillaire*. Elle agit comme une enveloppe de caoutchouc fortement tendue sur la surface; elle en comprime les parties proéminentes et tend à ramener le tout au *volume de moindre surface*. C'est elle qui agit dans l'expérience classique de Plateau<sup>1</sup> et qui a donné aux corps célestes la forme sphérique. Le principe en est si connu en physique qu'il ne devrait plus être

<sup>1</sup> Plateau s'est aussi beaucoup occupé de la veine liquide. Voir ses nombreux mémoires réunis plus tard en deux volumes sous le titre de : *Statique expérimentale et théorique des liquides*, 1873.

nécessaire d'y revenir. *Buff* l'a déjà fait observer dans une lettre à *Magnus*, qui ne s'est pas empressé de la publier (*Pogg.*, C, 1857, page 168).

Après avoir précisé les questions, cherchons à y répondre brièvement :

Tout d'abord constatons que la poussée latérale à l'orifice en mince paroi, qui suffirait à expliquer la première nappe triangulaire ainsi que l'étalement en sens inverse, ne saurait dans aucun cas expliquer la contraction de cette seconde nappe et des suivantes. Celles-ci ne peuvent être produites que par la tension cohésive qui ramène toujours vers l'axe ce qui s'en était éloigné dans l'oscillation précédente. Donc, à coup sûr, la poussée ne peut être qu'une cause accessoire.

Pour juger expérimentalement de la valeur de la « poussée, » nous pouvons essayer de trois moyens : l'annuler tout à fait, la diminuer, ou l'exagérer.

On l'annule en faisant sortir le liquide par un orifice tubulaire dans lequel les molécules sont forcées de se mouvoir parallèlement. Or, dans ce cas, les oscillations horizontales qui sont la cause de la structure lenticulaire alternante de la veine aplatie se produisent à peu près aussi bien qu'en mince paroi. La tension capillaire peut donc à elle seule suffire à expliquer ce phénomène ; c'est elle qui est la grande cause efficiente. On peut aussi, tout en restant en mince paroi, se contenter d'annuler celles des composantes horizontales de la poussée qui agissent sur les petits côtés de l'orifice, — c'est-à-dire précisément celles qui sont censées refouler la nappe sur elle-même, des bords sur le milieu, — tout en conservant les composantes horizontales, qui agissent sur les grands côtés et qui s'opposent à ce refoulement, fig. xxviii. Eh bien,

même dans ce cas défavorable, la première contraction et tout ce qui s'ensuit se produit presque aussi bien que dans le cas inverse, fig. XXIX.

Une troisième méthode pour apprécier l'importance de la poussée en mince paroi est de l'exagérer considérablement. Puisqu'elle résulte de la pression du liquide à l'intérieur du vase, exagérons la pression.

L'exagération de la composante verticale ne peut avoir d'autre conséquence qu'un plus grand écartement nodal résultant de la plus grande vitesse d'écoulement. Par contre, l'exagération des composantes latérales doit avoir pour conséquence de projeter violemment les bords extérieurs de la nappe l'un contre l'autre au bas de cette première nappe et de provoquer ainsi un étalement extraordinaire de la seconde nappe dans le plan alterne.

C'est en effet ce qui arrive (fig. xxx). Cette seconde nappe est si large, si mince et si longue, qu'elle s'éparpille le plus souvent en gouttes avant de pouvoir se rassembler et en former une suivante. La tension capillaire, si considérable qu'elle fût, ne pourrait jamais faire que l'amplitude d'une oscillation horizontale fût plus considérable que celle de l'oscillation précédente; la seconde nappe ne saurait être plus large que la première à sa sortie de l'orifice. L'action de la poussée est donc incontestable; mais uniquement pour de fortes pressions et des orifices en mince paroi.

Après avoir fait la part de la tension capillaire et de la poussée, il ne nous reste plus qu'à rechercher si peut-être une troisième cause est en jeu. Il se pourrait, par exemple, que le frottement du liquide contre les parois du tube aplati étant plus considérable dans les coins extérieurs que dans le milieu, les bords du ruban liquide,

animés d'une vitesse moindre, fussent attirés par les parties centrales, animées d'une plus grande vitesse.

Cette *aspiration*, théoriquement incontestable, doit amener une déformation de la nappe comme précédemment. Pour le prouver expérimentalement et, en même temps, pour mesurer l'intensité de cette aspiration, décomposons la nappe liquide en plusieurs veines coulant indépendamment les unes des autres, chacune avec sa vitesse propre réglée par la hauteur du réservoir correspondant. Aussi longtemps que les veines coulent séparément, elles forment dans leur ensemble un ruban à côtés parallèles. Mais dès que, en passant le doigt sous les orifices, on a réuni les veines élémentaires en une nappe unique, nous constatons que celle-ci se jette du côté de la veine animée de la plus grande vitesse, c'est-à-dire du côté de celle qui est alimentée par le réservoir le plus élevé (fig. XIII). Mais en même temps nous constatons qu'il faut une différence de vitesses considérable pour exercer une action sérieuse.

Donnons enfin à toutes les veines élémentaires exactement la même vitesse en plaçant tous les réservoirs à la même hauteur; nous verrons que la contraction se produit néanmoins presque aussi bien que dans le cas de la nappe simple (fig. XII).

Donc l'*aspiration* (qui, à ma connaissance, n'a pas encore été signalée comme agissant dans la veine liquide) peut venir s'ajouter à la cohésion et à la poussée. Pour de faibles pressions et en mince paroi l'action est négligeable, mais pour de fortes pressions et avec un orifice prismatique à coins fortement accusés, elle peut être très appréciable.

Il est ainsi démontré que la cause essentielle dans tous



les cas, unique dans d'autres, des déformations de toute veine liquide qui n'est pas dès son origine absolument cylindrique et verticale, cause qui fait de la veine le siège de vibrations horizontales incessantes, qui fait que pas une des molécules qui la composent ne suit dans sa chute une ligne directe, mais se meut en zigzag dans deux plans alternants, ou bien en tire-bouchon, ou même voyage en travers d'une nappe en passant d'une veine élémentaire à l'autre (voir le travail précédent sur les cascades), c'est l'attraction moléculaire, qu'on désigne sous le nom de pression capillaire ou tension superficielle.

Les considérations précédentes sur le rôle prépondérant que joue dans la veine liquide la tension capillaire, m'ont naturellement amené à me demander s'il ne serait pas possible d'utiliser les propriétés de la veine pour mesurer l'intensité de cette force dans différents liquides.

On conçoit, en effet, que plus cette force est considérable, plus grande est l'énergie avec laquelle les bords extérieurs des nappes sont refoulés vers le centre; plus rapides aussi seront les oscillations horizontales; plus rapprochés seront les disques lenticulaires.

On doit donc pouvoir, en tenant compte des masses à mettre en mouvement, c'est-à-dire de la densité d'un liquide donné, établir une relation entre l'écartement nodal et la constante capillaire de ce liquide. Inversement on doit pouvoir, connaissant la constante capillaire de divers liquides, construire la forme de leur veine pour une vitesse donnée; ou bien aussi en supposant ces différents facteurs connus, calculer les densités, etc.

Il est vrai qu'on ne peut guère prédire à ce procédé une utilité pratique, parce qu'on a, pour la mesure de la

tension capillaire, des méthodes statiques plus délicates et plus sûres que cette méthode dynamique. Mais, au point de vue théorique, il n'en reste pas moins intéressant de relier ces phénomènes, d'ordres en apparence différents, par des relations mathématiques parfaitement déterminées.

A ma demande, mon ami et collègue M. Hagenbach, professeur de physique à Bâle, a bien voulu, avec sa complaisance habituelle, me fournir les formules suivantes tirées de la théorie générale des ondulations :

$v$  vitesse d'écoulement.

$l$  longueur nodale.

$T$  durée d'une oscillation horizontale.

$t$  temps d'écoulement d'un volume donné.

$\delta$  densité du liquide.

$c$  constante capillaire de ce liquide.

Si nous faisons abstraction de l'accélération pendant la chute,

$$v = \frac{l}{T}$$

si nous admettons en outre, pour simplifier, que les oscillations sont isochrones

$$T = A \sqrt{\frac{\delta}{c}}$$

formule dans laquelle  $A$  est une constante dépendante de la forme et de la grandeur de l'orifice.

$$c = \frac{A^2 \cdot \delta \cdot v^2}{l^2}$$

Désignons par  $c$ ,  $\delta$ ,  $v$ ,  $l$ , les valeurs correspondantes d'un second liquide, nous aurons

$$\frac{c}{c_1} = \frac{\delta \cdot v^2 \cdot l_1^2}{\delta_1 \cdot v_1^2 \cdot l^2}$$

et, en substituant le temps d'écoulement à la vitesse,

$$\frac{c}{c_1} = \frac{\delta \cdot t_1^2 \cdot l_1^2}{\delta_1 \cdot t^2 \cdot l^2}.$$

Pour opérer, je me suis servi de la disposition représentée par la figure xxiv, planche VIII. Le liquide s'écoule par un tube aplati avec une vitesse que l'on peut faire varier à volonté suivant l'élévation que l'on donne au réservoir. On mesure au chronographe le temps nécessaire à remplir le cylindre gradué placé au-dessous. Vers le milieu de cet intervalle, on presse la poire d'un appareil photographique. Sur le cliché on mesure au compas la distance d'un nœud à l'autre en la portant sur l'échelle photographiée du même coup. On répète l'expérience avec le même tube pour différentes vitesses et pour différents liquides en prenant des précautions suffisantes pour que le tube soit toujours rempli, ce qui n'est pas toujours facile avec le mercure.

Un premier contrôle de l'exactitude que comporte cette méthode est fourni par la relation entre le temps d'écoulement et l'écartement nodal. Quelle que soit la vitesse, pour un même liquide sortant du même tube, le produit  $t.l$  doit être constant. Je cite au hasard deux séries : l'une avec le mercure, volume écoulé 100 cent. cubes :

Durée d'écoulement.	Distance nodale.	$t.l$
9 sec.	3,7 cent.	33,3
17 »	2 »	34
22,5 »	1,5 »	33,7

l'autre avec l'éther sulfurique, volume écoulé 500 cent. cubes :

$t$	$l$	$t.l$
22	13,5	297
42	7,7	323
78	3,6	281

D'autres séries concordent mieux, d'autres moins bien, ainsi celles de l'eau. Pour ce dernier liquide le produit  $t.l$ , trop faible en général, paraît se rapprocher de sa valeur véritable quand on augmente la vitesse.

Le calcul de la constante capillaire de quatre liquides différents sortant de la même ouverture m'a fourni, dans une série prise aussi au hasard, les résultats suivants, rapportés à l'éther :

	Constante capillaire, méthode statique.	Constante capillaire, méthode de la veine.
Éther . . . . .	1,8	1,8
Alcool . . . . .	2,3	2,5
Eau . . . . .	7,5	10,2
Mercure . . . . .	55 —	50 —

Quoique la concordance ne soit pas complète, les chiffres ci-dessus prouvent néanmoins d'une manière évidente le bien-fondé de ma supposition : il est possible d'établir une relation mathématique quantitative entre la forme de la veine et la force capillaire. Mais, comme dans

le mouvement d'un liquide il y a des actions moléculaires dont il est difficile de tenir compte, on ne pouvait guère s'attendre à une plus grande exactitude<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> L'étude qui précède est la traduction française textuelle d'une lecture qui a été faite à la Société bâloise des sciences naturelles dans sa séance publique du 4 juillet 1888. Au moment d'envoyer le manuscrit à la Rédaction des *Archives* (novembre 1890), à qui il était promis, j'apprends qu'en mars 1890 lord Rayleigh a publié, dans les *Proceedings of the Royal Society*, un travail qui n'est que l'application d'une méthode proposée par lui en 1879 (*Proceedings*, vol. XXIX) pour le calcul des constantes capillaires par le moyen de la veine liquide.

Ce travail magistral de l'illustre physicien traite la question d'une manière beaucoup plus générale, mais aussi beaucoup plus ardue; il cherche à tenir compte de tous les facteurs secondaires plus ou moins renfermés dans la constante désignée plus haut par A et à obtenir non seulement des valeurs relatives, mais les valeurs absolues des constantes capillaires.

Si, néanmoins, je publie sans aucun changement l'étude ci-dessus, c'est parce que sa forme élémentaire et la discussion qui la précède la rendent accessible à un public qui n'est pas rompu à l'analyse mathématique. Je crois agir dans l'intérêt de la chose elle-même et certainement avec l'approbation de lord Rayleigh.

---

REMARQUES  
SUR LA  
THÉORIE DE LA POLARISATION ROTATOIRE NATURELLE  
(DEUXIÈME NOTE)  
PAR  
M. Charles SORET

---

Dans un travail antérieur<sup>1</sup>, j'ai cherché à mettre en lumière quelques-unes des conséquences qu'entraînent, pour la théorie mathématique de la polarisation rotatoire naturelle, les caractères particuliers de symétrie que présente ce phénomène. On pourrait croire que, après les travaux de MM. Pasteur, Van't'Hoff et Lebel, Briot, Sarrau et de tant d'autres, des remarques de ce genre sont actuellement superflues ; et cependant les considérations géométriques très simples qui sont à la base de ces travaux paraissent encore peu familières à certains auteurs. Par exemple, M. Basset, dans un mémoire tout récent<sup>2</sup>, cherche, sans l'ombre d'hésitation ni de réserve, la polarisation rotatoire dans un milieu doué de trois plans de symétrie rectangulaires ; prend comme exemple le quartz, sans se

<sup>1</sup> *Archives*, 1884, XI, 412.

<sup>2</sup> *Phil. Mag.*, août 1890.

préoccuper de la symétrie cristallographique de ce corps, et arrive comme on pouvait s'y attendre à des équations qui ne sont pas compatibles avec le caractère fondamental de la polarisation rotatoire naturelle, d'avoir lieu en sens inverse par rapport à des axes fixes sur deux rayons cheminant en sens opposés.

Un milieu naturellement actif, répétons-le, ne peut posséder de plans de symétrie passant par le rayon lumineux sur lequel il agit, car il n'y aurait pas de raison pour que la rotation s'effectuât dans un sens plutôt que dans l'autre; la rotation serait un effet sans cause.

Un milieu naturellement actif ne peut avoir de plan de symétrie perpendiculaire au rayon, car deux rayons se propageant en sens inverse devraient éprouver des rotations symétriques par rapport à ce plan, c'est-à-dire de même sens par rapport à des axes fixes; ce qui est contraire à l'expérience.

Pour la même raison, il ne peut y avoir de centre de symétrie.

Comme d'autre part l'activité optique se manifeste également dans toutes les directions dans les corps amorphes et dans les cristaux cubiques, et suivant l'axe principal dans les cristaux quadratiques et hexagonaux, qu'elle se manifeste par conséquent dans des directions qui seraient parallèles ou perpendiculaires aux plans de symétrie si ceux-ci existaient; on doit conclure que les milieux qui possèdent la polarisation rotatoire naturelle, telle que nous la connaissons, ne peuvent avoir ni plans ni centre de symétrie.

On peut dire encore plus généralement <sup>1</sup> que si l'on

<sup>1</sup> Verdet, *Optique physique*, II, 290.

considère un milieu actif et son conjugué symétrique par rapport à un plan, les deux milieux doivent produire des rotations symétriques par rapport à ce plan, c'est-à-dire égales et de signe contraire. Or, si le milieu considéré possède un plan de symétrie, il est lui-même son propre symétrique et se confond avec son conjugué. Comme il ne peut faire tourner en même temps le plan de polarisation dans les deux sens, il faut que la rotation soit nulle et qu'il soit inactif.

Ceci entraîne la relation entre l'hémiédrie non superposable et la polarisation rotatoire, car un cristal qui ne possède ni plan ni centre de symétrie est hémiédrique non superposable, que cette hémiédrie d'ailleurs s'accuse ou non dans les formes extérieures.

La dissymétrie est une condition nécessaire de la rotation du plan de polarisation qui sans elle serait un effet sans cause, en l'absence de forces extérieures au milieu ; mais l'activité optique n'est pas une conséquence nécessaire de la dissymétrie, parce que des causes différentes peuvent fort bien ne pas produire des effets différents ; le milieu peut être constitué différemment dans les diverses directions sans que ces différences s'accusent toutes dans le mode de propagation de la lumière. C'est là un principe de cristallographie physique que l'on est souvent enclin à oublier : Tandis que des structures identiques ou symétriques, entraînent forcément des phénomènes identiques ou symétriques, *des structures différentes peuvent entraîner des propriétés différentes, mais ne les entraînent pas nécessairement.*

Dans le même travail, je rappelais que pour que la rotation des plans de polarisation soit de signe contraire



par rapport à des axes fixes pour deux rayons cheminant en sens inverse, il faut que les équations du mouvement en rendent compte à l'aide de termes renfermant les dérivées d'ordre impair des déplacements par rapport aux coordonnées, et non par rapport au temps; à moins que les coefficients dépendent des cosinus directeurs de l'onde plane que propage le milieu.

Or cette dernière supposition me paraissait et me paraît encore inadmissible. Une onde plane n'est qu'une intégrale particulière correspondant à certaines conditions à la surface déterminée. Lorsqu'on établit les équations générales des petits mouvements du milieu, on ignore la nature de ces mouvements que l'on cherche; et il est certainement incorrect d'introduire dans ces équations générales des quantités qui n'ont de signification que pour une certaine équation à la surface, et qui ne sont que des constantes arbitraires introduites par un procédé particulier d'intégration.

M. W. Voigt qui dans son premier mémoire <sup>1</sup>, faisait usage de coefficients variables avec la direction de l'onde plane, est arrivé, lui aussi, dans un travail plus récent <sup>2</sup> à considérer de tels coefficients comme très improbables. Leur emploi ne se justifierait qu'en admettant qu'une onde plane agit *en tant qu'onde plane* pour modifier en quelque sorte la nature du milieu dans lequel elle se propage, et une telle supposition se heurte à toutes sortes de difficultés. Une onde plane n'est qu'un système particulier de perturbations présentant certaines relations entre

<sup>1</sup> Loc. cit., p. 427.

<sup>2</sup> *Wied. Ann.*, 1883, XIX, 890.

<sup>3</sup> *Ibid.*, 1887, XXX, 190.

elles; on ne voit pas pourquoi son effet ne serait pas complètement explicable par les forces qui résultent de ces perturbations et qui doivent être complètement déterminées par les composantes des perturbations et leurs dérivées.

Puis, même en admettant que les équations du mouvement puissent varier suivant les conditions à la surface, encore est-il que dans chaque cas le milieu ne pourra être régi que par un seul système d'équations à la fois. Quel serait ce système si les conditions à la surface étaient telles que le mouvement n'eût pas lieu par ondes planes, ou que plusieurs ondes planes se propageassent simultanément dans des directions différentes? C'est ce qui ne se conçoit guère, et tout indique que des équations dont les coefficients dépendent de la direction de l'onde ne peuvent être admises légitimement comme les équations générales du mouvement.

Mais alors M. Voigt signale une grave difficulté. Les forces qui figurent dans ses équations pour les milieux transparents ont la forme la plus générale qui soit compatible avec le principe de l'énergie. Or ces équations ne renferment pas de termes capables d'expliquer la polarisation rotatoire naturelle, à moins que les coefficients ne varient avec les directions de l'onde.

Il faut donc, ou bien admettre de semblables coefficients, ce qui est difficile, comme nous venons de le voir; ou bien considérer comme impossibles des milieux actifs parfaitement transparents, ce qui est contraire aux faits observés (dans le quartz en particulier); ou enfin renoncer aux principes fondamentaux sur lesquels reposent les équations, et qui paraissent cependant très rationnels.

Cette triple et fâcheuse alternative, présentée par un

savant aussi compétent que M. Voigt, pourrait faire penser une fois de plus que l'explication de la polarisation rotatoire naturelle est une énigme insoluble.

Je crois cependant que cette conclusion ne serait pas complètement justifiée et que l'on peut trouver les moyens d'y échapper sans sortir des faits et des théories connues.

Les forces qui agissent en chaque point du milieu, rentrent bien probablement dans la forme que leur assigne M. Voigt. Mais il est fort peu probable que le milieu soit mathématiquement homogène, et que les coefficients qui entrent dans l'expression de ces forces aient les mêmes valeurs en tous points. Il est bien plus d'accord avec toutes les idées que nous nous formons de la constitution des corps et avec toutes les conclusions de la cristallographie, d'admettre que ces coefficients sont des fonctions périodiques des coordonnées.

Or on sait que dans l'intégration d'équations à coefficients de ce genre, on obtient pour déterminer la partie constante et seule observable du mouvement, des équations dont la forme peut être tout à fait différente de celle des équations primitives et peut être beaucoup plus générale<sup>1</sup>.

Le mouvement observable est celui qui se produirait dans un milieu homogène en vertu de forces fictives qui ne sont pas astreintes aux mêmes conditions que les forces réelles et qui dépendent surtout de la nature de la périodicité et de la symétrie du milieu.

La théorie de M. Sarrau est une des solutions les plus

<sup>1</sup> Cauchy, *C. R.*, 1849, XXIX, 641.

Briot, *C. R.*, 1860, L, 141.

Sarrau, *J. de Liouville*, 1867, XII, 17, 1868, XIII, 59.

simples que l'on puisse tirer par ce procédé des équations de M. Voigt. On sait que cette théorie montre la possibilité de la polarisation rotatoire dans les divers milieux énantiomorphes où elle a réellement été observée.

La preuve qu'il en est bien ainsi, se trouve dans le cas très particulier de la fameuse expérience des piles de lames de mica de M. Reusch. Chacune des lames qui composent la pile possède simplement la double réfraction à deux axes, qui s'explique sans difficulté par les forces de M. Voigt. Mais lorsque ces lames sont superposées en hélice, et constituent par conséquent un milieu à structure périodique, leur assemblage acquiert la polarisation rotatoire, phénomène qui n'est pas explicable directement par les forces élémentaires.

Il me semble donc que ce qui résulte de l'analyse de M. Voigt, c'est l'impossibilité de l'existence d'un milieu actif continu et homogène. Il est du reste facile de reconnaître intuitivement que dans un milieu homogène l'absence d'un centre de symétrie serait incompatible avec le principe de l'égalité de l'action et de la réaction.

Genève, novembre 1890.

---

# SUR LA PHÉNANTHRIDINE

PAR

MM. Amé PICTET et H.-J. ANKERSMIT.

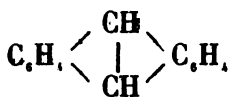
---

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle  
de Genève, dans sa séance du 20 novembre 1890.

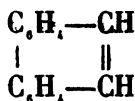
---

Les travaux de M. Græbe et ceux de MM. Bernthsen et Bender ont fixé la constitution de l'acridine et montré que cette base doit être considérée comme de l'antracène chez lequel un des groupes CH du noyau central serait remplacé par un atome d'azote. Cette relation établie, il devenait intéressant de connaître la base isomérique dérivant théoriquement du phénanthrène par une substitution semblable. Nous nous sommes proposé de préparer ce corps, et nous avons pu effectuer sa synthèse par deux procédés différents, qui fixent en même temps sa constitution de la manière la plus précise. Nous avons donné à cette nouvelle base le nom de *phénanthridine*, destiné à rappeler à la fois sa structure semblable à celle du phénanthrène et son isomérisie avec l'acridine.

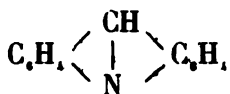
Les relations qui existent entre ces différents corps sont exprimées par les formules suivantes :



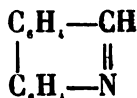
Anthracène.



Phénanthrène.

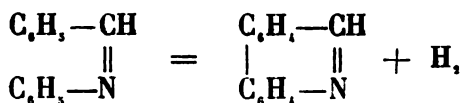


Acridine.



Phénanthridine.

Le premier procédé synthétique qui nous a fourni la phénanthridine repose sur une condensation pyrogénée analogue à celle qui donne naissance au diphenyle à partir de la benzine. Il consiste à soumettre à l'action d'une forte chaleur les vapeurs de la benzylidèneaniline, le produit de condensation que donne l'aniline avec l'aldéhyde benzoïque. Il y a alors élimination de deux atomes d'hydrogène et soudure des deux noyaux benzéniques :

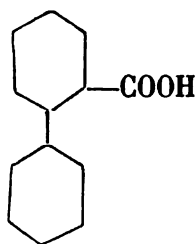


Cette réaction ne s'effectue qu'à une température très élevée. Un premier essai, dans lequel nous nous étions bornés à distiller la benzylidèneaniline à travers un tube de verre porté au rouge sombre dans un fourneau à combustion, n'avait donné aucun résultat. Il faut, pour obtenir des quantités un peu notables de phénanthridine, se servir d'un tube de fer rempli de fragments de pierre

ponce et chauffé jusqu'au rouge vif dans un fourneau Mermet. Dans ces conditions, on obtient, comme produit de la distillation, un liquide brun foncé qui renferme un grand nombre de corps ; nous en avons retiré de la benzine, du benzonitrile, de l'aniline, du diphényle, de la benzylidène-aniline non transformée, et enfin de la phénanthridine.

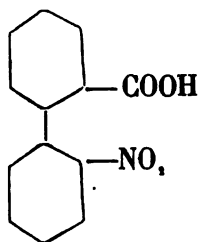
Pour isoler ce dernier corps, on opère de la manière suivante : le liquide brut est d'abord soumis à une distillation fractionnée, et la portion bouillant au-dessus de  $250^{\circ}$  traitée à chaud par l'acide chlorhydrique dilué. Elle s'y dissout en partie en donnant une solution jaune foncé. Celle-ci est additionnée de chlorure mercurique ; il s'y produit un volumineux précipité jaune, qui se transforme par cristallisation dans l'eau chaude en petites aiguilles prismatiques, fusibles à  $190^{\circ}$ . Ce corps est le chloromercurate de phénanthridine. Décomposé par l'hydrogène sulfuré, il fournit une solution du chlorhydrate, dans laquelle un alcali précipite la base elle-même. Celle-ci peut être purifiée, soit par cristallisation dans l'alcool dilué, soit par distillation avec la vapeur d'eau surchauffée, et se présente alors sous la forme de jolies aiguilles incolores.

Dans notre seconde synthèse de la phénanthridine, nous avons pris comme point de départ l'acide orthophénylbenzoïque, que l'on obtient facilement par fusion de la diphénylène-cétone avec la potasse, et qui possède la constitution suivante :



Ce corps a été d'abord nitré; à cet effet, nous l'avons introduit par petites portions dans de l'acide nitrique fumant, maintenu à  $0^{\circ}$ , et avons versé ensuite la solution dans de l'eau glacée. Il se précipite alors un corps floconneux jaune clair, qui est un mélange de plusieurs acides nitrophénylbenzoïques isomériques. On voit en effet, en considérant la formule ci-dessus, que le groupe  $\text{NO}_2$  peut entrer dans la molécule dans sept positions différentes, en donnant lieu à autant de dérivés mononitrés.

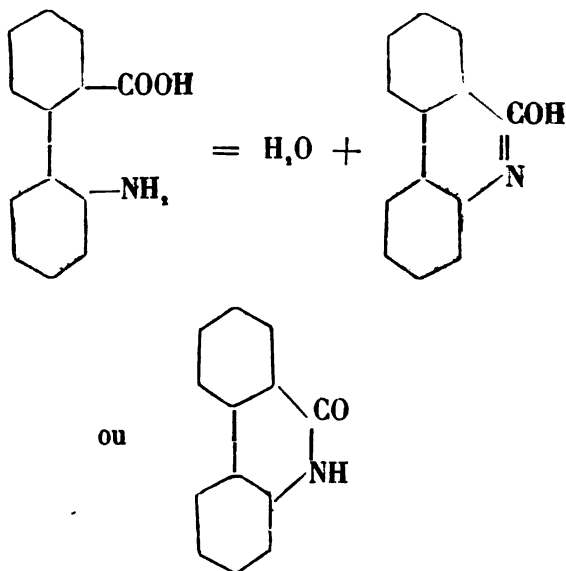
Parmi ces isomères, un seul était susceptible d'être transformé ultérieurement en un dérivé de la phénanthridine; c'était le produit orthonitré de la formule suivante :



Nous n'avons pas cherché à l'isoler, ce qui eût été



inutile pour la suite des opérations, mais nous avons soumis le mélange tout entier des corps nitrés à la réduction au moyen de l'ammoniaque et de la poudre de zinc. Nous devions obtenir ainsi un mélange d'acides amidophénylbenzoïques renfermant le groupe  $\text{NH}_2$  dans différentes positions. Un de ces acides devait se distinguer des autres par son instabilité, c'est celui qui provenait de la réduction du dérivé orthonitré mentionné plus haut. Son groupe  $\text{NH}_2$ , se trouvant en effet, par rapport au carboxyle, dans une position favorable à la formation d'un noyau pyridique, cet acide devait perdre spontanément les éléments d'une molécule d'eau et se transformer en une oxyphénanthridine



Ce corps, étant dépourvu de propriétés acides, devait se déposer de la solution ammoniacale où il avait pris nais-

sance et rester mélangé à la poudre de zinc. Les produits de réduction de tous les autres dérivés nitrés isomériques, ne pouvant donner lieu à une condensation du même genre, devaient au contraire avoir conservé leur carboxyle, et rester par conséquent dissous dans l'ammoniaque. Leur séparation ne devait donc présenter aucune difficulté.

L'expérience a pleinement confirmé ces prévisions. Nous avons séparé par filtration la solution ammoniacale et la poudre de zinc, et extrait celle-ci à plusieurs reprises par l'alcool bouillant. La solution ainsi obtenue laissa déposer par refroidissement de belles aiguilles jaune clair, insolubles dans la plupart des dissolvants, en particulier dans les acides et dans les alcalis.

La composition de ce corps répond à la formule d'une *oxyphénanthridine* :

	Trouvé :	Calculé pour $C_{15}H_9NO$
C	79,82	80,00
H	4,72	4,62
N	—	7,18
O	—	8,20
		<hr/> 100,00

Par distillation sur la poudre de zinc, il se convertit en phénanthridine.

Préparée par l'un ou l'autre de ces procédés, la phénanthridine se présente sous la forme de longues aiguilles incolores, fusibles à  $104^{\circ}$ . Elle distille sans décomposition au-dessus de  $360^{\circ}$ . Elle est presque insoluble dans l'eau, mais se dissout facilement dans les principaux dis-

solvants organiques. Sa saveur est brûlante et poivrée; son odeur est faible à froid, mais ses vapeurs provoquent l'éternuement comme celles de l'acridine.

La composition de la phénanthridine répond à la formule  $C_{18}H_9N$  :

	Trouvé :	Calculé pour $C_{18}H_9N$
C	87,19	87,15
H	5,08	5,03
N	7,90	7,82
		<hr/> 100,00

Densité de vapeur : 6,5 (calculé 6,2).

La phénanthridine montre de grandes ressemblances avec son isomère, l'acridine. Elle fournit comme elle, avec tous les acides, des sels fortement colorés en jaune et possédant, en solution aqueuse, une fluorescence bleue.

Nous avons préparé et analysé un grand nombre de ces sels, qui possèdent tous une grande tendance à la cristallisation, et nous les avons comparés aux sels correspondants d'acridine, dont ils diffèrent en général par une plus grande solubilité dans l'eau.

L'iodométhylate de phénanthridine, que nous avons obtenu en chauffant la base à  $100^\circ$  avec l'iodure de méthyle, forme de petits prismes jaunes, fusibles à  $202^\circ$ . Si l'on ajoute à sa solution alcoolique quelques gouttes de soude et que l'on verse le tout dans l'eau, il se dépose de longues aiguilles blanches, fusibles à  $109^\circ$ . Ce corps est le méthylhydrate de phénanthridine. Il est soluble dans l'alcool et dans l'éther avec une magnifique fluorescence bleue, et se dissout dans tous les acides en formant des

sels qui ne sont pas fluorescents. L'iodométhylate de phénanthridine est donc décomposable par les alcalis, caractère qui n'avait été observé jusqu'à présent que chez les dérivés analogues de la quinoline et de l'acridine, et qui semble en relation avec l'existence du noyau pyridique.

La différence la plus remarquable qui existe entre l'acridine et la phénanthridine réside dans la manière dont ces deux bases se comportent vis-à-vis des agents réducteurs. Tandis que la première fournit par réduction, ainsi que l'a montré M. Græbe, un dérivé dihydrogéné dépourvu de propriétés basiques, la phénanthridine est convertie, de même que la pyridine et la quinoline, en une base secondaire.

La *dihydrophénanthridine*,  $C_{13}H_{11}N$ , s'obtient en traitant la phénanthridine par l'étain et l'acide chlorhydrique, et en précipitant successivement la solution filtrée par l'hydrogène sulfuré et par la soude. Elle cristallise dans l'alcool étendu sous la forme de fines aiguilles blanches, fusibles vers  $90^{\circ}$ , et qui fournissent à l'analyse les chiffres suivants :

	Trouvé :	Calculé pour $C_{13}H_{11}N$
C	85,83	86,19
H	6,05	6,08
N	—	7,73
		<hr/> 100,00

Cette base est presque insoluble dans l'eau ; elle se dissout dans l'alcool et dans l'éther avec une belle fluorescence bleue. Les solutions de ses sels sont en revanche incolores et dépourvues de fluorescence.

La dihydrophénanthridine possède les propriétés d'une base secondaire, ainsi que le prouve l'existence des trois dérivés suivants :

1° Dérivé nitrosé,  $C_{14}H_{10}=N-NO$ , obtenu sous la forme d'un liquide huileux jaune pâle par addition de nitrite de soude à la solution du chlorhydrate. Ce corps fournit la réaction de Liebermann, caractéristique des nitrosamines.

2° Dérivé méthylé,  $C_{14}H_{10}=N-CH_3$ , obtenu par réaction de l'hydrophénanthridine avec l'iodure de méthyle. Fines aiguilles blanches, fusibles à  $108^\circ$ , solubles dans l'alcool et l'éther avec fluorescence violette intense.

3° Dérivé acétylé,  $C_{14}H_{10}=N-COCH_3$ , obtenu en chauffant la base avec l'anhydride acétique. Prismes épais fusibles à  $108^\circ$ .

La dihydrophénanthridine est oxydée à froid par le permanganate en régénérant la phénanthridine.

---

RECHERCHES SUR L'ACTION PHYSIOLOGIQUE  
DES  
COURANTS ET DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

PAR

**Le Dr DUBOIS**

Privat-docent à l'Université de Berne.

(Suite <sup>1</sup>)

---

Laissons de côté cette question intéressante, mais accessoire de la *résistance du corps* et occupons-nous de rechercher expérimentalement les *qualités physiques que doivent avoir les courants pour produire la contraction musculaire chez l'homme*. Afin de ne pas compliquer le problème, nous expérimenterons sur nous-même et dans des conditions identiques pour les différents genres de courant. Le dispositif ordinaire est le suivant : Le pôle positif, sous forme d'une plaque d'étain ou de cuivre nickelé, d'environ 64 c<sup>2</sup> est appliqué sur la nuque. Le pôle négatif sous la forme d'un tampon d'environ 3 c<sup>2</sup> de surface est appliqué sur le nerf médian au poignet et nous observons les contractions que l'irritation de ce nerf produit dans les muscles du thénar. Nous mettons un soin particulier à noter la *première contraction visible*,

<sup>1</sup> Pour la première partie, voir le n<sup>o</sup> des *Archives* du 15 novembre

ce que nous appellerons dorénavant la *contraction minimale*.

Étudions tout d'abord à ce point de vue les *courants galvaniques* fournis par une batterie de Leclanché dont chaque élément quelque peu usagé a une force électromotrice moyenne de 1,4 volts. Un excellent galvanomètre d'Edelmann est intercalé dans le circuit et mesure l'intensité de nos courants en dixièmes de milliampère. Les électrodes étant fixées comme nous venons de le dire, nous prenons un élément, soit 1,4 volts et nous fermons brusquement le courant dans la partie métallique du circuit. L'aiguille du galvanomètre dévie légèrement, mais on n'observe *ni contraction, ni sensation*. Avec deux éléments, soit 2,8 volts, déviation plus forte, *ni contraction ni sensation*. Avec trois éléments, soit 4,2 volts, *même absence d'effets physiologiques*. Avec quatre éléments, soit 5,6 volts, c'est à peine si l'on perçoit une *sensation indéfinissable*, mais pas de contraction visible. Enfin, avec *cinq éléments*, soit 7 volts, on constate la *première contraction visible*, la contraction que nous appelons *minimale*. Le galvanomètre intercalé marque 0,5 milliampère. Si le nombre d'éléments restant le même, nous augmentons légèrement les résistances du circuit (rhéostat liquide impolarisable), de manière à réduire l'intensité à 0,4 m. a., la contraction fait défaut. Que conclure de cette expérience si simple ? Tout d'abord que le courant galvanique doit, pour produire la contraction, avoir *une certaine intensité*, d'environ 0,5 m. a. dans notre expérience. Ce chiffre n'est nullement invincible. Dans une autre expérience nous pourrions réussir à mieux appliquer l'électrode sur le nerf ; la *densité* du courant au point d'application sera plus grande et nous obtiendrons notre contraction minimale avec 5,6 volts et

une intensité de 0,2 m. a. Un autre jour, il faudra sur le même sujet 7 ou 8 éléments au lieu de 5 et une intensité de 1,0 ou 1,5 m. a. Mais dans chaque expérience nous pourrions constater que la contraction n'apparaît que quand le courant a une *certaine tension* ou plus exactement en fonction de la résistance une *certaine intensité*.

Si cette intensité n'est pas atteinte, le courant reste sans effet physiologique et une *quantité* assez considérable d'électricité mesurable en coulombs ou fractions de coulomb s'écoule sans irriter suffisamment le nerf en expérience.

Ainsi, lorsque nous avons dans le circuit 4 éléments, soit 5,6 volts et que le galvanomètre marque une intensité de 0,4 m. a., nous avons une résistance totale de  $5,6 / 0,0004 = 14000$  ohms. Supposons que la fermeture ait eu lieu à la main et ait duré 1 seconde, la *quantité* est donc de  $0,0004$  ampère  $\times$  1 seconde =  $0,0004$  coulomb, soit *400 microcoulombs*. Cette quantité très forte, comme nous le verrons, s'écoule sans effet. Par contre, avec 7 volts et 0,5 m. a., soit 500 microcoulombs, nous avons la contraction.

Ayant obtenu la contraction avec le courant de 0,5 m. a., fermé pendant 1 seconde, raccourcissons de moitié le temps de fermeture. La contraction persiste et cependant la quantité ( $Q = I t$ ) n'est plus que de 250 microcoulombs. Il en est de même si nous diminuons encore plus la durée  $t$ . *Si bref que soit le contact, nous obtenons toujours la même contraction.*

Le courant d'une intensité de 0,5 m. a. a donc l'intensité suffisante, mais il a de la *quantité* (produit de l'intensité par le temps) en excès, car nous pouvons



raccourcir le temps de fermeture sans modifier aucunement l'effet physiologique. Nous basant sur ces faits, nous pourrions dire provisoirement que, pour les *courants galvaniques*, le facteur important, c'est l'*intensité* mesurée au galvanomètre.

Mais nous savons depuis longtemps et Dubois-Reymond l'a exprimé sous forme de loi que l'*intensité* n'est pas le seul facteur déterminant. En effet, un courant très intense peut traverser un nerf moteur sans provoquer une contraction. Il suffit pour cela que ce courant n'arrive que *graduellement, peu à peu* à son intensité maximale. Supposons qu'au lieu de fermer brusquement le courant sur le nerf, nous intercalions, au préalable, une grande résistance dans le circuit (résistance liquide) et que, diminuant peu à peu celle-ci, nous amenions graduellement le courant à son intensité de 0,5, nous n'aurons aucune contraction. En agissant ainsi, nous pourrions arriver à de hautes intensités de 10, 20, 30 m. a. et plus, sans exciter le nerf. Nous devons donc corriger notre proposition et dire :

Pour que le courant d'une pile détermine la contraction musculaire, il faut tout d'abord qu'il ait une *certaine intensité* (dans notre cas 0,5 m. a.), mais *il faut encore* que cette intensité soit atteinte en une espèce de temps très court, *que la période ascensionnelle d'état variable soit aussi courte que possible.*

Malheureusement, les données que nous fournissent les traités de physique sur la valeur de cette période d'état variable sont très vagues et nos connaissances à ce sujet son loin d'avoir la précision désirable.

C'est à la *prolongation de la période d'état variable du courant* que nous croyons devoir attribuer un fait que

nous avons observé souvent et qui avait vivement éveillé notre curiosité. Le voici :

Nous avons vu que notre nerf médian réagit sous l'influence de la fermeture brusque d'un courant de 7 volts / 14000 ohms, ayant donc une intensité de 0,5 m. a. La même intensité de 0,5 peut être obtenue par une force électromotrice de 70 volts sur une résistance dix fois plus considérable.

Si dans le circuit où est le corps (d'une résistance de 14000 ohms), nous intercalons une résistance surnuméraire de 126000 ohms (rhéostat liquide ou rhéostat de graphite), nous aurons avec 50 Leclanché, soit 70 volts, une intensité de 0,5 m. a. Le galvanomètre en fait foi. *Mais le nerf moteur ne répond plus à cette excitation.*

Pour obtenir la contraction dans ces conditions de grande résistance, il faut élever l'intensité à 1, 1,5 et même 2 milliampères ! Nous ne pouvons trouver aucune autre explication à ce fait que celle que nous avons émise.

Si l'on ne considère que la période du *régime permanent*, les deux courants ont évidemment la même intensité et au point de vue des effets galvanométriques et chimiques, il est indifférent que cette intensité soit le quotient de 70 volts / 140000 ohms ou de 7 volts / 14000 ohms. *Au point de vue physiologique, ce n'est plus la même chose.* L'intercalation de résistance dans le circuit ralentit le flux électrique, prolonge légèrement la période d'état variable du courant. Cela suffit pour diminuer notablement l'effet physiologique. Nous verrons dans la suite, à propos des courants d'induction, que le nerf décèle avec une sensibilité merveilleuse les moindres variations de durée de cette période ascensionnelle du courant.

Ces faits ont leur importance pratique. Dans les recherches diagnostiques, l'électrothérapeutiste tient souvent à noter l'*intensité minimale* qui détermine la contraction. Dans ces expériences, il n'est pas indifférent de se servir du compteur d'éléments ou de graduer le courant fourni par la batterie entière au moyen de rhéostats dans le circuit principal. On obtiendra la contraction avec le minimum d'intensité s'il n'y a pas de résistances étrangères dans le circuit. Lorsqu'il s'agit de mesurer l'excitabilité de deux nerfs symétriques, il faut se servir du même moyen de graduation pour avoir des résultats comparables.

Nous arrivons donc au résultat suivant : Pour que le courant galvanique produise la contraction, il faut qu'il ait une certaine intensité, il faut que la période d'état variable ait son minimum de durée, par contre, puisque diminuer la durée du contact, autrement dit, la durée du courant ne modifie en rien l'effet physiologique, la *quantité* est ici un facteur sans importance. Cette dernière proposition n'est vraie cependant, que pour les courants très faibles qui ne produisent la contraction *qu'au moment de la fermeture*. A partir d'une certaine intensité variant de 3 à 7 m. a. suivant les sujets et les conditions particulières d'expérimentation, les courants galvaniques produisent une *contraction tétanique* durant aussi longtemps que le courant excitateur. Il est évident que dans ce cas raccourcir le temps de fermeture modifie la forme de la contraction. Elle est brève si on ne ferme le courant que pendant un dixième de seconde ; elle est prolongée si le courant dure plus longtemps. *Mais pour les courants faibles, la contraction minimale reste la même, conserve la même forme, la même brièveté quelle que soit la durée du courant excitateur.*

En est-il de même quand la durée du courant devient *excessivement courte*, quand par conséquent le produit de l'intensité par le temps c'est-à-dire la *quantité* tombe au dessous d'un *certain minimum*? *Non, nous pouvons l'affirmer a priori*. Nous savons que les appareils d'induction médicaux peuvent fournir des courants de haute tension, mesurant plusieurs centaines de volts. La tension des machines statiques, des bouteilles de Leyde se mesure par milliers de volts. Ces décharges statiques et d'induction *doivent nécessairement avoir à un certain moment* une intensité proportionnelle à la force électromotrice, inversement proportionnelle à la résistance totale du circuit.

Si ce flux électrique *durait*, l'effet serait foudroyant, et cependant ces appareils ne produisent que des secousses sans danger, parce que la *quantité* de la décharge est trop petite. Le courant a, il est vrai, une énorme intensité, mais le phénomène ne dure qu'un instant.

Nous savons donc que si la *quantité* tombe au-dessous d'un *certain minimum*, l'effet physiologique est diminué et si en fermant à la main le courant à l'aide de la clé de Morse, nous n'avons pas réussi à diminuer l'effet, c'est que dans ces conditions la durée est toujours *trop longue*, la quantité est *plus que suffisante*. Mais il est probable que si nous réussissions à réduire la durée du courant à une certaine limite, nous arriverions à diminuer l'effet physiologique, peut-être même à le supprimer, malgré une tension énorme ou, répétons-le, en fonction de la résistance une *intensité considérable*. Ces vues théoriques sur l'action des courants trouvent leur analogie dans d'autres domaines physiologiques, par exemple dans l'action de la lumière sur la rétine. Ainsi, nous voyons très bien la balle d'une arme à feu au repos; l'intensité

des rayons lumineux que, dans un certain éclairage, elle envoie à notre rétine, est suffisante pour l'exciter. Mais si le projectile passe devant vos yeux à sa sortie du canon, nous ne le voyons pas. L'intensité des rayons lumineux est la même, mais le phénomène a une durée trop courte.

On peut donc supposer qu'un courant électrique de grande intensité peut traverser le corps sans produire d'effet physiologique si la durée  $t$  est trop courte, si la quantité  $Q = I t$  a une valeur insuffisante.

Nous avons d'abord songé à obtenir ce résultat en fermant le courant mécaniquement pendant un temps excessivement court, à l'aide d'une roue en rotation, d'un pendule, etc. Mais nous dûmes bientôt renoncer à ces essais. Il nous fut impossible de réduire la durée d'un contact au delà de certaines limites. Si court qu'il soit, il s'écoule toujours trop d'électricité. Nous nous trouvions dans la position d'un expérimentateur qui, ayant à sa disposition un réservoir d'eau sous pression, voudrait étudier l'effet produit par l'écoulement d'un centimètre cube d'eau. S'il donne issue au liquide au moyen d'un robinet fermé à la main, si rapides que soient ces mouvements de fermeture et d'ouverture, il s'écoule toujours une plus grande quantité; il est impossible de réduire la quantité au minimum désiré. Arrêté dans cette voie, nous avons tourné la difficulté en faisant usage des condensateurs à feuilles d'étain, chargés à la pile, c'est-à-dire à des instruments pouvant recueillir *une quantité connue* d'électricité sous un *potentiel déterminé*. Le condensateur étant divisé en millièmes de microfarad, nous pouvions, à *potentiel constant*, faire varier dans d'extrêmes limites la *quantité* de la décharge, autrement dit sa *durée*.

Cette méthode présente, il est vrai, un grave inconvénient. Nous voulions étudier des *courants* offrant des périodes d'état variable et une période de régime permanent. Or les condensateurs ne nous donnent que des *décharges* qui n'arrivent jamais au régime permanent. Après une période très courte d'état variable ascensionnelle, la décharge atteint, il est vrai, une intensité maximale, *proportionnelle à la tension en volts inversement proportionnelle à la résistance totale du circuit*; mais cette *intensité maximale* ne dure pas; elle n'est représentée que par le point mathématique du sommet de la courbe.

Aussitôt le potentiel baisse, très rapidement au début, plus lentement dans la suite, très lentement vers la fin et la décharge est représentée par une courbe asymptotique (fig. 1). Cette courbe de décharge est particulière à toute quantité d'électricité, s'écoulant sous une certaine pression initiale sans renouvellement possible du potentiel. Dans ce cas, la quantité n'est plus le simple produit de l'intensité par le temps,  $Q = I t$ . C'est un produit différentiel exprimé par  $Q = \int I dt$ .

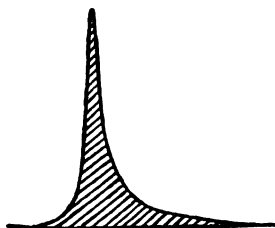


Fig. 1.

Malgré cette différence capitale entre une *décharge* et un *courant de très courte durée*, nous avons espéré pouvoir

obtenir des résultats confirmant nos vues, et nous nous sommes dit : La décharge d'un condensateur chargé par exemple au potentiel assez élevé de 70 volts, doit avoir une action physiologique de plus en plus faible à mesure que la *capacité* diminue, quoique dans ces conditions la tension reste la même et détermine *la même intensité maximale*. Il doit même être possible de réduire assez la capacité pour que la décharge à 70 volts ne soit plus perçue. C'est aussi le résultat que nous donne l'expérience suivante : Nous fixons les deux électrodes, l'une sur le front, l'autre sur la nuque, et chargeant un condensateur d'une capacité de 0,1 microfarad au potentiel de 70 volts, nous faisons passer la décharge à travers la tête. Nous nous servons dans ce but d'un dispositif à double contact permettant la charge et la décharge comme le montre la fig. 2<sup>1</sup>.

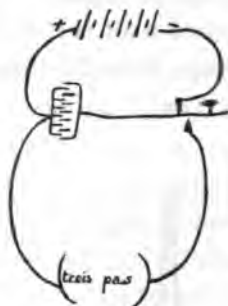


Fig. 2.

Avec cette capacité de 0,1 la secousse est bien suppor-

<sup>1</sup> Ce dispositif est celui employé par le Dr Boudet de Paris, à Paris qui, le premier, a fait usage des condensateurs en électrothérapie.

table, mais assez désagréable. Nous diminuons peu à peu la capacité et *quand elle est tombée à 0,004 microfarad, il n'y a plus aucune sensation*. Cette décharge d'une tension de 70 volts et d'une quantité de  $0,004 \text{ microfarad} \times 70 \text{ volts}$ , soit de 0,280 microcoulomb, s'écoule sans produire aucun effet physiologique. Il suffit d'élever la capacité à 0,005 microfarad pour éprouver une légère sensation indéfinissable permettant de constater que le courant a passé. Nous trouvons ainsi confirmé le fait que nous avons admis, c'est-à-dire qu'*une décharge d'un potentiel assez élevé (70 volts) et qui, à nos yeux, doit avoir nécessairement, à un certain moment, une intensité proportionnelle au potentiel et inversement proportionnelle à la résistance n'a plus aucune action quand la quantité tombe au-dessous de 0,350 microcoulomb, c'est-à-dire quand la durée est trop courte*.

Ce fait étant acquis, nous avons pensé qu'une augmentation de *capacité* pouvait compenser, dans une certaine mesure, une diminution de *potentiel* et vice versa et nous nous sommes donné pour tâche de rechercher qu'elle capacité il faut donner au condensateur pour des tensions variables de la batterie de charge. Signalons à ce sujet quelques expériences.

### EXPÉRIENCE I.

Pôle positif fixé à la nuque. Pôle négatif sur le nerf médian au poignet. Pour avoir quelque idée de la résistance totale du circuit, nous faisons d'abord passer un courant galvanique de 7 volts; nous constatons une déviation de 4,6 milliampère, ce qui indique une résistance approximative de 4375 ohms.



Le potentiel étant :

			Microfarad.
56 volts,	nous obtenons	la première contraction	avec 0,007
49	—	—	0,009
42	—	—	0,011
35	—	—	0,014
28	—	—	0,018
21	—	—	0,027
14	—	—	0,070
9,8 (7 Leclanché)	—	—	0,290

Toutes ces décharges variables comme potentiel et comme capacité, nous donnent absolument la même contraction, la première visible, la *contraction minimale*.

Nous avons une *constante physiologique*, où est donc la *constante physique*, quelle est la propriété commune à ces différentes décharges ? Nous avons d'abord pensé que c'était la *quantité de charge*, c'est-à-dire le produit de la *tension* en volts par la *capacité* en microfarads ( $Q = VC$ ). Mais le calcul nous donne les chiffres suivants :

			Microcoulomb.
Avec 56 volts,	la contraction	a eu lieu	avec 0,392
— 49	—	—	0,441
— 42	—	—	0,462
— 35	—	—	0,490
— 28	—	—	0,504
— 21	—	—	0,567
— 14	—	—	0,980
— 9,8	—	—	2,842

*La quantité de charge n'est donc pas constante. Pour ob-*

*tenir la même contraction avec une tension en volts inférieure, il faut une quantité de charge plus grande.*

Il est intéressant de constater par cette expérience, qui, répétée fréquemment, a toujours donné les mêmes chiffres, combien est petite la quantité qui peut produire la contraction. La tension étant de 56 volts, il suffit d'une quantité de 0,392 microcoulomb. Au voltamètre, cette quantité précipiterait environ 0,000,000,392 milligramme d'argent !

A la fin de l'expérience, nous fermons de nouveau sur le circuit le courant de 7 volts et nous notons une déviation de 1,8 m. a. La résistance a donc baissé et n'est plus que de 3888 ohms. Nous le doublons approximativement à l'aide d'un rhéostat liquide, de manière à avoir pour 7 volts une déviation de 0,9 m. a. La résistance est donc actuellement de 7776 ohms.

Dans ces nouvelles conditions de résistance, à peu près double, nous trouvons que :

					Microfarad.
la décharge de	56 volts	est active avec	C	=	0,010
—	49	—	—	C	= 0,012
—	42	—	—	C	= 0,016
—	35	—	—	C	= 0,023
—	28	—	—	C	= 0,040
—	21	—	—	C	= 0,100
—	16,8 (12 éléments)	—	—	C	= 1,000

Le calcul des quantités d'après  $Q = VC$  donne :

pour 56 volts,	0,560	microcoulomb.
— 49 —	0,588	—
— 42 —	0,672	—

— 35 —	0,805	—
— 28 —	1,120	—
— 21 —	2,100	—
— 16,8	12,800	—

Ici encore la quantité de charge doit être augmentée.

Lorsque, dans la 1<sup>re</sup> expérience (p. 618), nous avons réduit le potentiel de la batterie de charge de 56 à 28 volts nous avons dû porter la quantité de 0,392 à 0,504 microcoulomb. Ces quantités sont dans le rapport de 1 à 1,285.

Si l'on réduit l'intensité maximale, non plus en diminuant de moitié le potentiel, mais en doublant la résistance, il faut élever la quantité 0,392 à 0,560 microcoulomb, quantités qui sont dans le rapport de 1 à 1,429.

Si l'on tient compte des difficultés inhérentes à des expériences faites sur l'homme, dans des conditions si variables de résistance et aussi de sensibilité physiologique, ces chiffres offrent une concordance suffisante et nous pouvons résumer ces expériences de la manière suivante :

Quand on diminue l'intensité maximale de la décharge, soit en diminuant le potentiel, soit en augmentant la résistance, il faut, pour obtenir la contraction minimale, augmenter la capacité du condensateur.

Il ne suffit pas que la capacité croisse dans des proportions telles que la *quantité* ( $Q = VC$ ) reste constante, il faut que la *quantité augmente* à mesure que la *tension baisse*.

Citons encore une expérience faite avec des tensions plus fortes.

## EXPÉRIENCE II.

Pôle positif formé par deux grandes plaques de 400<sup>cs</sup> appliquées sur le dos et le ventre. Pôle négatif de 3<sup>cs</sup> sur le médian. 7 volts donnent 1,4 m. a. La résistance est donc d'environ 5000 ohms. — On obtient alors la contraction minimale aux chiffres suivants :

Tension en volts.	Capacité en microfarads.	Quantité en microcoulombs.
70	0,007	0,490
63	0,008	0,504
56	0,009	0,504
49	0,011	0,539
42	0,013	0,546
35	0,016	0,560
28	0,021	0,588
21	0,031	0,651
14	0,077	1,078
9,8	1,000	9,800

Dans toutes ces expériences, nous arrivons au même résultat, *c'est qu'il faut augmenter la quantité*. Toutes ces décharges, qui produisent le même effet physiologique, ne se ressemblent en rien; elles ont toutes une *tension différente*; la *capacité varie*, et le produit des deux, la *quantité*, n'est pas constante. Il y a là quelque chose qui ne satisfait pas l'esprit et qui nous a amené aux réflexions suivantes :

Une décharge de condensateur est représentée par une courbe asymptotique, c'est-à-dire que le potentiel du

début ne se maintient pas, mais baisse peu à peu dans un espace de temps très court.

Une formule employée en électrotechnie permet même de calculer exactement la durée de ces phases successives et de construire la courbe de la décharge. Sans doute elle ne permet pas de calculer la durée totale de la décharge jusqu'à ce qu'elle ait atteint le potentiel 0, car la décharge de forme asymptotique a nécessairement une durée infinie. Mais on peut calculer la durée jusqu'à ce que le potentiel soit tombé à un chiffre très bas, où le flux électrique est assez ralenti pour supprimer les effets physiologiques. Cette formule est employée lors de la mesure de la capacité des condensateurs et câbles suivant la méthode de Siemens (voir Kempe : *Traité des mesures électriques*, p. 320. Paris, 1885). Cette formule est  $T = 2,303 \times F \times R \cdot \log. V/v$ , où 2,303 représente le rapport constant des logarithmes népériens aux logarithmes vulgaires, F : la capacité en microfarads ; R : la résistance du circuit total en ohms ; V : le potentiel initial ou potentiel de charge, et *v* le potentiel inférieur, que nous pouvons fixer abstraitement. Nous pourrions prendre un chiffre quelconque, par exemple de 1 volt, mais nous préférons prendre une valeur en volts que *nous savons inactive dans les conditions ordinaires de nos expériences, même pour un courant constant*, par exemple 5 volts ; à l'aide de cette formule, nous voyons que dans notre expérience 2, où le potentiel initial est de 70 volts, la capacité de 0,007 microfarad et la résistance de 5000 ohms, le potentiel tombe de :

70 à 65 volts en	2,594	millionnièmes de seconde.
65 à 60 —	2,801	—
60 à 55 —	3,045	—
55 à 50 —	3,336	—
50 à 45 —	3,688	—
45 à 40 —	4,123	—
40 à 35 —	4,674	—
35 à 30 —	5,396	—
30 à 25 —	6,382	—
25 à 20 —	7,811	—
20 à 15 —	10,070	—
15 à 10 —	14,193	—
10 à 5 —	24,102	—
Total	92,215	—

Nous voyons que, dans le court espace de temps de *92 millionnièmes de seconde* le potentiel a baissé de 70 à 5 volts. D'après ces chiffres, il est facile de construire la courbe de la décharge; elle est représentée dans la fig. 3.

Notons que cette décharge, dont la durée est si courte et dont la quantité n'atteint pas 0,5 microcoulomb, suffit à produire la contraction musculaire.

Les expériences faites avec des courants galvaniques nous ont montré que, pour obtenir la contraction, il fallait une certaine intensité, par exemple de 0,5 m. a., c'est-à-dire que, sur une résistance de 14,000 ohms, il faudrait un potentiel de 7 volts. Si la résistance est plus basse, il suffira d'un potentiel inférieur.

Mais il est rare que la contraction (dans les expériences faites sur nous-mêmes) puisse être obtenue avec un potentiel inférieur à 5 volts. *Le courant galvanique* d'une tension de 5 volts n'agit pas, et pourtant ce courant at-

teint, après une période d'état variable, son intensité maximale, *s'y maintient aussi longtemps que le circuit reste fermé*, laissant ainsi s'écouler des *quantités* bien supérieures à la valeur de 0.5 microcoulomb, qui, dans certaines conditions, suffit à provoquer la contraction. — L'expé-

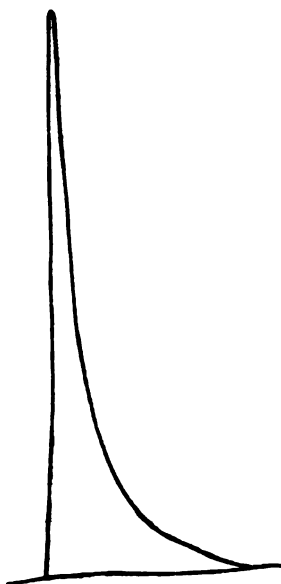


Fig. 3.

rience et la théorie démontrent qu'une *décharge* de 5 volts, quelle que soit la capacité, ne peut avoir *plus d'effet* que le *courant* galvanique de même tension. Tout au plus pourra-t-elle avoir le *même effet*, et nous avons démontré<sup>1</sup> qu'un condensateur de la capacité de 1 mi-

<sup>1</sup> Dr Dubois. Untersuchungen über die physiologische Wirkung der Condensatorentladungen. — *Mittheilungen der bern. naturf. Gesellschaft.*

*crofarad* donne en général la même secousse que le courant galvanique de même potentiel. L'effet de la décharge est le même que celui du courant, quand le condensateur de 1 microfarad a le même potentiel que la batterie, c'est-à-dire quand la quantité de charge a autant de microcoulombs que la batterie a de volts. Nous savons donc qu'un condensateur ne donne pas de contraction s'il n'est chargé qu'à 5 volts, et nous pouvons admettre que la décharge d'un condensateur chargé à un haut potentiel, perd tout effet utile lorsque le potentiel est tombé à 5 volts. Nous avons vu que ce *potentiel inactif* est atteint très vite dans le temps très court de 92 millionièmes de seconde pour la décharge de 70 volts. La décharge a donc forcément *une queue*; il arrive un moment où une quantité encore assez considérable d'électricité s'écoule sans produire d'effet, par *insuffisance de potentiel*.

Une comparaison grossière fera comprendre ces propositions.

Supposons un ruisseau qui fait tourner une roue de moulin. Il fournit un courant d'eau constant, comme la batterie galvanique détermine un courant électrique constant. Fermons en amont du moulin une écluse. Au moment même de cette fermeture rien n'est changé, le potentiel est le même, mais maintenant nous avons une quantité limitée d'eau, comme dans le condensateur une quantité fixe d'électricité. Le potentiel n'est plus renouvelable et va baisser, comme dans le condensateur, suivant une ligne asymptotique. Le courant deviendra de plus en plus faible et la roue cessera de tourner bien avant que toute l'eau se soit écoulée. Le reste s'écoulera sans effet sur la roue, le potentiel étant insuffisant. — L'analogie avec la décharge du condensateur est frappante.



En somme, il faut considérer dans la décharge une queue, une période de flux électrique lent, à potentiel insuffisant. Il y a une certaine quantité qui s'écoule sans effet, une quantité que nous appellerons *quantité inactive*. Cette *quantité inactive* peut avoir des valeurs très différentes suivant les conditions d'expérience, mais elle peut être déterminée approximativement dans chaque cas. — Considérons par exemple l'expérience 2. Avec le courant galvanique, nous obtenons la première contraction avec 5 éléments, soit 7 volts, et une intensité de 1,4 m. a., la résistance étant 5000. Avec une décharge de condensateur, au potentiel de 5 volts, nous n'obtiendrons certes pas un effet plus grand. Nous savons par les expériences que nous avons faites que souvent le condensateur de 1 microfarad nous donnera la même contraction que le courant galvanique de même potentiel. Dans l'expérience 2 nous n'avons pas même réussi à cela, et il nous a fallu élever le potentiel à 9,8 volts pour avoir la contraction avec une capacité de 1 microfarad, donc avec une quantité de 9,8 microcoulombs.

Or, si nous admettons qu'à partir du potentiel 5 volts, la décharge n'agit plus, le flux électrique devenant trop lent, il convient de soustraire ces 5 volts c'est-à-dire de diminuer la quantité de charge de la quantité inactive. Pour chacune des décharges, il nous faut soustraire la *quantité inactive*, calculable en multipliant la capacité par 5 volts. Faisons ce calcul pour l'expérience 2.

Nous trouvons alors :

Volts.	Capacité.	Quantité de charge.	Quantité inactive.	Quantité active.
70	0,007	0,490	$0,007 \times 5 = 0,035$	0,455
63	0,008	0,504	$0,008 \times 5 = 0,040$	0,464
56	0,009	0,504	$0,009 \times 5 = 0,045$	0,459
49	0,011	0,539	$0,011 \times 5 = 0,055$	0,440
42	0,013	0,546	$0,013 \times 5 = 0,065$	0,481
35	0,016	0,560	$0,016 \times 5 = 0,080$	0,480
28	0,021	0,588	$0,021 \times 5 = 0,105$	0,483
21	0,031	0,681	$0,031 \times 5 = 0,155$	0,496
14	0,077	1,078	$0,077 \times 5 = 0,385$	0,693
9,8	1,000	9,800	$1,0 \times 5 = 5,0$	4,800

Si l'on fait abstraction des deux derniers chiffres, il est facile de reconnaître une *constante* d'une valeur moyenne de 0,469 microcoulomb. Elle représente ce que nous appelons la *quantité active*, c'est-à-dire celle qui s'écoule sous un *potentiel suffisant*. C'est la *quantité de charge* diminuée de la *quantité inactive*.

Pour les chiffres inférieurs de 14 et de 9,8 volts, ce calcul nous donne des valeurs trop élevées 0,693 et 4,800. Il est facile de voir à quoi tient ce résultat. Nous avons admis que le potentiel inactif est de 5 volts environ. Fixer ce chiffre approximativement suffisait pour les hautes tensions ; mais quand la tension n'est plus que de 14 ou de 9,8, il faudrait fixer bien plus exactement le potentiel insuffisant. Il faudrait pouvoir diminuer le potentiel de la batterie de charge d'une fraction de volt. Il est possible qu'alors avec un chiffre de 9,3 volts, nous n'aurions plus eu de contraction. La quantité de 9,3 volts  $\times$  1 microfarad, c'est-à-dire de 9,3 microcoulombs serait quantité inactive et soustraite de 9,800 (quantité de charge), nous donnerait le chiffre de 0,500 très voisin de la constante 0,469 !

En fixant ainsi à 9,3 le potentiel inactif, nous aurions alors le tableau suivant :

Volts.	Capacité.	Quantité de charge.	Quantité inactive.	Quantité active.
70	0,007	0,490	$0,007 \times 9,3 = 0,065$	0,425
63	0,008	0,504	$0,008 \times 9,3 = 0,074$	0,430
56	0,009	0,504	$0,009 \times 9,3 = 0,083$	0,421
49	0,011	0,539	$0,011 \times 9,3 = 0,102$	0,437
42	0,013	0,546	$0,013 \times 9,3 = 0,120$	0,426
35	0,016	0,560	$0,016 \times 9,3 = 0,148$	0,412
28	0,021	0,588	$0,021 \times 9,3 = 0,195$	0,393
21	0,031	0,651	$0,031 \times 9,3 = 0,288$	0,363
14	0,077	1,078	$0,077 \times 9,3 = 0,716$	0,362
9,8	1,000	9,890	$1,000 \times 9,3 = 9,300$	0,500

Il y a encore dans ce tableau des chiffres trop variables, mais si on réfléchit à la difficulté de réaliser en physiologie des conditions d'expérience stables, la constance semble remarquable.

En effet, il est très difficile dans une expérience physiologique d'arriver à la précision désirable. Nous n'avons trouvé aucun moyen pratique de diminuer le potentiel par 1/10 de volt ; nous ne pouvons que diminuer le nombre d'éléments, c'est-à-dire faire baisser le potentiel par sauts de 1,4 volts. Nous ne pouvons donc retrouver notre constante que pour les tensions fortes où une erreur dans la détermination du potentiel inactif ne trouble pas les résultats. Nous avouons qu'il y a dans ces calculs des chances d'erreurs bien difficiles à éliminer et nous devons encore critiquer nos propres expériences à un autre point de vue. A l'époque où nous les avons faites, nous ne savions pas que la résistance du corps était variable suivant le potentiel de la décharge et au début de chacune de nos expériences, nous avons cherché à déterminer la résistance *pour un courant constant* de 7 volts. Nous admettions qu'elle conservait sa valeur pour une décharge de 70 volts. Il y a là une erreur, comme l'ont montré les travaux de Gaertner et du Dr Stauffer.

Il aurait fallu pouvoir mesurer la *résistance momentanée* pour chacune des décharges. Malgré tous nos efforts, nous n'avons pu apporter cette précision dans nos expériences et par suite de diverses circonstances, nous ne sommes pas en mesure de les continuer. Nous espérons que d'autres voudront bien s'occuper de cette question intéressante et arriveront à confirmer nos vues sur la *quantité active des décharges*.

Laissons de côté les détails numériques et considérons seulement les résultats généraux de ces expériences. Avec un potentiel élevé par exemple de 70 volts, une capacité de 0,007 microfarad suffit à provoquer la contraction. La quantité de cette décharge est de 0,490 microcoulomb. Si nous faisons baisser le potentiel, il faut augmenter la quantité de charge peu à peu, si bien que pour le potentiel de 9,8, il faut une quantité de 9,800 microcoulombs. La décharge étant représentée par une courbe asymptotique, l'idée d'une *queue de décharge, inactive par insuffisance de potentiel* s'impose. Il est rationnel d'admettre qu'à partir d'un certain potentiel inférieur, la décharge n'a plus d'action, soit pour produire une contraction si ce potentiel est le potentiel du début, soit pour l'entretenir si la tension initiale était supérieure. Il est évident que si le potentiel initial est très bas par exemple : 9,8 volts (décharge active quand la capacité est de 1 microfarad), la quantité inactive est très considérable. La décharge, en vertu de sa quantité considérable (9,8 microcoulombs) et de sa faible tension est représentée par une courbe très allongée, comme le montre la fig. 4 :



Fig. 4.

La quantité *inactive* (unwirksame Quantität) est très considérable; par contre la *quantité active* n'est représentée que par la surface blanche, le potentiel inférieur de 9,8 volts atteignant assez vite la valeur 9,3 volts que nous avons considérée comme inactive. Par contre, dans la courbe (p. 624) qui représente la décharge au potentiel de 70 volts chargeant un condensateur de 0,007 microfarad, la quantité active est représentée par presque toute la surface de la courbe.

On peut, d'après la formule  $T = 2,303 F + R \log V/\epsilon$ , calculer la durée en millionièmes de seconde pour chacune de ces décharges, c'est-à-dire le temps qu'elle met pour arriver du potentiel initial (de charge) au potentiel inactif de 9,3 volts.

On trouve donc que la décharge de :

70 volts produit la contraction quand la durée active est de	70 millionièmes de seconde	=	1
63	76	=	1,1000
56	80	=	1,2000
49	91	=	1,3000
42	97	=	1,4000
35	106	=	1,5000
28	115	=	1,6000
21	126	=	1,7000
14	157	=	1,8000
9,8	261	=	1,9000

Ce dernier chiffre de 261 millièmes, soit  $1/3800$  de seconde est la *quantité suffisante* pour donner au courant le *maximum* d'effet physiologique.

Une plus grande durée de cette décharge ne rendrait pas la contraction plus forte et même le courant galvanique de 9,8 volts, de quantité pour ainsi dire illimitée, ne réussit pas à produire des effets plus considérables.

Répétons ici que ceci n'est vrai que pour cette décharge à faible potentiel, qui ne peut donner qu'une intensité juste suffisante, incapable de donner à la contraction la forme tétanique.

Les décharges à potentiel supérieur, par exemple : celle de 70 volts donnent avec une durée de 70 millièmes soit d'environ  $1/1000$  de seconde la *contraction minimale*, mais chaque augmentation de capacité, c'est-à-dire de durée renforcerait l'action dans de fortes proportions.

Nous faisons toutes nos réserves au sujet de la *valeur absolue* de ces chiffres ; nous attendons que ces expériences aient été répétées avec toute la précision désirable, si possible en mesurant pour chaque décharge la résistance momentanée du circuit. Mais, jusqu'à preuve du contraire nous ne pouvons renoncer aux vues théoriques qu'elles nous ont inspirées.

Le fait que quand le potentiel baisse il faut charger en excès nous amène forcément à l'idée d'une *quantité perdue*, d'une *quantité inactive*, représentée par la queue de la décharge. Nous sommes forcés d'admettre que cette *quantité inactive* doit être soustraite de la *quantité de charge* et ces calculs nous amènent à l'idée séduisante d'une *constante physique* expliquant l'effet identique de ces décharges diverses. Cette constante serait la *quantité active* (quan-

tité de charge — quantité inactive) à potentiel suffisant pour vaincre l'inertie du nerf. Sa valeur oscille autour du chiffre 0,470 microcoulomb.

Si cette quantité active est atteinte la forme de la courbe dans sa période descendante est indifférente et nous obtenons la même contraction avec les décharges si dissemblables reproduites dans les figures 3 et 4.

Au risque de nous égarer sur un terrain peu sûr nous ajouterons quelques réflexions au sujet de la *durée* que doivent avoir les *courants galvaniques* pour produire leur effet minimal.

La décharge est représentée par la courbe asymptotique fig. 3 et nous avons admis qu'une queue de décharge est nécessairement perdue pour l'action physiologique.

Un courant galvanique de *très courte durée* a une tout autre courbe. Son intensité s'élève par une période d'état variable à sa valeur normale (proportionnelle à la tension, inversement proportionnelle à la résistance), *elle se maintient à ce niveau pendant toute la durée du courant* et à l'ouverture la période d'état variable est aussi très courte. (fig. 5).

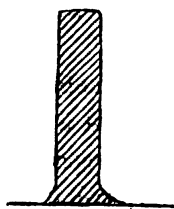


Fig. 5.

Dans cette courbe il n'y a pour ainsi dire pas de *quantité perdue*, pas de *queue de décharge à potentiel inactif*.

Toute la quantité représentée par  $Q = It$  semble active et nous pouvons calculer approximativement la durée par  $t = Q/I$  car nous connaissons  $Q$  c'est la *quantité active* de 0,470 microcoulomb que nos expériences avec les condensateurs nous ont donnée; nous connaissons la tension en volts et la résistance approximative du corps, c'est-à-dire l'intensité en milliampères.

Nous pouvons calculer ainsi que sur une résistance de circuit de 5000 ohms la contraction minimale peut être obtenue avec un courant constant de

Volts.	m. a.	Millionièmes de seconde.	
70 ou de 14 fermé pendant		33,5 = environ	$\frac{1}{30000}$ de seconde.
63 — 12,6 —		37,3 = —	$\frac{1}{27000}$ —
56 — 11,2 —		46,9 = —	$\frac{1}{21000}$ —
49 — 9,8 —		47,9 = —	$\frac{1}{20000}$ —
42 — 8,4 —		55,9 = —	$\frac{1}{18000}$ —
35 — 7,0 —		67,1 = —	$\frac{1}{15000}$ —
28 — 5,6 —		83,9 = —	$\frac{1}{12000}$ —
21 — 4,2 —		111,9 = —	$\frac{1}{8000}$ —
14 — 2,8 —		167,8 = —	$\frac{1}{6000}$ —
9,8 — 1,96 —		239,7 = —	$\frac{1}{4000}$ —

Ce calcul est très approximatif et on pourrait dire qu'il n'est pas permis de conclure des *décharges* de condensateur aux *courants*.

Aussi ne donnons-nous ces chiffres que *sous toutes réserves*. Nous tenons cependant à noter sur quels points ce calcul nous donne des résultats attendus satisfaisant l'esprit. Nous signalerons aussi les objections possibles.

Tout d'abord on remarquera que pour le potentiel inférieur de 9,8 volts, le calcul nous donne comme durée



active  $1/4000$  de seconde. C'est à peu de chose près le même chiffre que celui indiqué (p. 630) pour la durée de la décharge de 9,8 volts, la capacité étant 1 microfarad.

Ici le calcul confirme un fait expérimental, car nous avons constaté qu'un condensateur de 1 microfarad chargé à 9,8 volts donne la même contraction que le courant de même potentiel.

Le tableau nous montre aussi que l'intensité croissant, la durée peut être plus courte. Ce résultat n'a rien d'inattendu, d'irrationnel. Pour le potentiel élevé de 70 volts, nous calculons qu'une durée de  $1/30000$  de seconde suffirait pour donner la contraction minimale. Ce chiffre paraît bien petit, mais si nous réfléchissons que l'étincelle d'une décharge de bouteille de Leyde dure d'après Wheatstone environ  $1/1152000$  de seconde et produit une contraction, ce chiffre de  $1/30000$  n'a rien d'étonnant. Pour la décharge de 70 volts et de 0,007 microfarad, nous avons calculé une durée à peu près double (environ  $1/14000$  de seconde). Ce résultat aussi est prévu, car nous avons admis que dans la décharge (de forme asymptotique), il y a une quantité perdue, tandis que nous avons supposé qu'un courant très court arrive nécessairement à l'intensité maximale, s'y maintient et cesse brusquement sans perdre une quantité notable par insuffisance de potentiel. Cette hypothèse ferait comprendre pourquoi le *courant* peut être plus court que la décharge.

Mais c'est ici que nous avons à opposer une forte objection à nos déductions. *Pour les décharges* nous n'avons considéré que la période *descensionnelle* d'état variable. Nous n'avons noté comme *quantité perdue*, *inac-*

*tive*, que celle qui résultait de la forme asymptotique de la courbe, de la baisse nécessaire du potentiel à un chiffre inférieur insuffisant.

Pour les *courants très courts*, nous n'avons pas admis de *quantité perdue*, le courant cessant brusquement et, étant donné la capacité négligeable d'un circuit sans condensateur, ne pouvant donner lieu à une queue de décharge asymptotique.

Mais tant pour les décharges que pour les courants excessivement courts, nous avons négligé de tenir compte du temps nécessaire pour que la décharge ou le courant atteigne réellement son intensité maximale, c'est-à-dire que nous n'avons pas considéré la durée de la période *ascensionnelle* d'état variable. Quand un courant galvanique a une certaine durée, il atteindra *nécessairement* plus tôt ou plus tard son intensité maximale. Mais en est-il de même quand par suite de la *faible capacité du condensateur* (décharge) ou par *courte durée du contact* (courant) la quantité est minime et *donnée*. Si par suite de la résistance considérable du circuit, le courant arrive plus lentement à son intensité normale, il y a aussi une *quantité perdue* non plus dans la partie *descendante*, mais dans la partie *ascendante* de la courbe. Le tout est de savoir si cette période ascensionnelle d'état variable est excessivement courte, négligeable dans nos calculs, ou si elle a une valeur assez grande pour les infirmer.

Des recherches nouvelles que nous avons faites, semblent indiquer que quand la résistance est considérable, comme c'est le cas dans nos expériences, la période d'état variable a une durée assez longue et il y aurait lieu de tenir compte de la quantité perdue dans cette période d'établissement de courant ou de la décharge. Pour

les décharges de condensateurs, ces considérations ne peuvent infirmer nos expériences. Nous avons trouvé *empiriquement* que la décharge de 70 volts et de 0,007 microfarad est active. Nous savons qu'elle n'a duré qu'environ  $1/14000$  de seconde. Si nous supposons que la décharge n'a pas même réussi à atteindre son intensité maximale, c'est à l'appui de notre thèse et notre chiffre peut être encore considéré comme trop grand. Par contre, pour le courant très court, nous n'avons pas d'expérience et quand nous supposons qu'il agirait pendant le court espace de temps de  $1/30000$  de seconde, nous pouvons faire erreur, une fraction notable de la quantité lancée dans le circuit dans cette fraction minime de seconde, ayant été dépensée en pure perte, le courant n'ayant pu atteindre le potentiel normal.

Malheureusement, comme nous l'avons dit, nos connaissances sur la valeur de la période ascensionnelle d'état variable de courants et décharges, les variations qu'elle présente suivant la résistance, la capacité, la forme du circuit ne nous sont que très imparfaitement connues.

Si nous résumons les résultats auxquels nous amènent les recherches pratiquées à l'aide des courants galvaniques et des décharges de condensateurs nous pouvons dire.

Pour obtenir la contraction minimale les *courants constants* doivent avoir une certaine intensité de 0,5 m. a. dans les conditions particulières à nos expériences. La quantité est toujours plus que suffisante. Pour les *décharges* la contraction peut être obtenue avec un potentiel très variable par conséquent avec des intensités variables, mais il faut que la durée varie en conséquence.

Une décharge de tension faible mais durant un certain temps peut produire le même effet qu'une décharge de forte tension durant un temps plus court. Le facteur important c'est la *quantité active* obtenue en diminuant la quantité de charge ( $Q = VC$ ) de la quantité inactive. Cette dernière a une valeur variable suivant la tension, la résistance et la capacité. Dans nos expériences la quantité active, mesure de l'effet physiologique, a été trouvée égale à environ 0,470 microcoulomb.

Enfin nous savons par les faits cités page 644 que la période ascensionnelle d'état variable doit être très courte, que rien ne doit s'opposer à l'établissement du courant, allonger le temps, pendant lequel il arrive de l'intensité nulle à l'intensité maximale.

(A suivre.)

# LA CHLOROPHYLLE DANS LE RÈGNE ANIMAL

PAR

**E. PENARD**

---

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle  
de Genève, dans sa séance du 2 octobre 1890.

---

On sait qu'un petit nombre d'animaux inférieurs sont caractérisés par la présence de globules colorés en vert par la chlorophylle; cette chlorophylle est alors considérée par les uns comme un produit de l'animal lui-même; d'autres la regardent comme de nature exogène; elle représenterait des algues véritables, et sa présence constituerait un phénomène de symbiose. La signification immense de la chlorophylle, que l'on s'était toujours habitué à regarder comme absolument particulière au règne végétal, donne à la question une importance considérable; aussi ces dernières années ont-elles vu paraître plusieurs travaux très sérieux sur le sujet <sup>1</sup>. Brandt, après avoir mon-

<sup>1</sup> K. Brandt, Ueber die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls im Thierreich. *Mittheil. der Zool. Stat. Neapel* IV 1883.

G. Entz, Ueber die Natur der Chlorophyllkörperchen niederer Thiere. *Biolog. Cent. Bl.* 1<sup>re</sup> année.

tré que les corps jaunes (*Zooxanthella*) des radiolaires et d'autres animaux marins ne représentent que des algues, en arriva à des conclusions analogues pour les globules verts (*Zoochlorella*) des animaux d'eau douce; Entz crut pouvoir avancer que ces corps (*Pseudochlorophyllkörper*) représentent toute une série d'algues différentes appartenant à la famille des *Palmellacées*; Hertwig, Bütschli, Schewiakoff, et d'autres, se prononcèrent également pour la nature exogène de cette chlorophylle; Geddes au contraire, puis Engelmann, et quelques autres auteurs, la regardent comme un produit direct de l'animal qui l'héberge. J'ai eu l'occasion d'étudier de près ces corps pseudochlorophylliens dans toute une série d'animaux, et peut-être ne sera-t-il pas inutile d'exposer brièvement les résultats auxquels je suis arrivé. Voici d'abord la liste des espèces dans lesquels j'ai constaté la présence de ces corps bien caractérisés :

**RHIZOPODES.** Dans un grand nombre de *Diffugia*, (*Diff. pyriformis*, *nodosa*, *vas*, *amphora*, *corona*, *acuminata*, *lobostoma*, *globulosa*), provenant des environs de Wiesbaden; dans ces différentes espèces la plupart des individus en renfermaient, et suffisamment pour en revêtir une belle teinte verte; d'autres espèces (*Diff. saxicola*,

G. Entz, das Consortialverhältniss von Algen und Thieren. *Biolog. Cent. Bl.* 2<sup>me</sup> année.

O. Hertwig. Die Symbiose im Thierreich. *Tagbl. der 56 Versam. D. Naturf. u. Artste.* Freiburg.

Kessler. Zoochlorella, ein Beitrag zur Lehre von der Symbiose. *Arch. Anat. Phys.* 1882.

Engelmann. Ueber thierisches Chlorophyll. *Arch. Phys. Pflüger* vol. 32.

P. Geddes. Further researches on Animals containing chlorophyll. *Nature* vol. 25.

*elegans*, *bicornis*) en étaient dépourvues. A Genève, les deux *Diffugia* (*pyriformis*, var.; et *Diff. elegans*) que j'ai observées, n'en montraient pas non plus.

*Hyalosphenis papilio*. Dans cette espèce, que j'ai récoltée en grande abondance à Wiesbaden, en Suède, et dans le Jura, il ne m'a pas été possible de trouver un seul exemplaire qui fût dépourvu de corps pseudo-chlorophylliens. Chose curieuse, Taranek, qui a étudié cette espèce en Bohême, dit n'avoir jamais trouvé de chlorophylle à son intérieur, tandis que Leidy dans l'Amérique du Nord l'en a toujours vue remplie.

**HÉLIOZOAIRE.** *Acanthocystis* encore indéterminé<sup>1</sup>. La chlorophylle dans quelques individus, était bien caractéristique; d'autres n'en montraient pas. *Diplocystis gracilis*<sup>1</sup>. Ici encore j'ai constaté la présence de grains verts qui n'avaient rien à faire avec des proies en cours de digestion. Dans d'autres hélizoaires, *Actinophrys sol*, *Raphidiophrys elegans*, *Acanthocystis turfacea*, *Ac. aculeata*, j'ai retrouvé parfois ces grains verts, mais sans pouvoir me prononcer aussi catégoriquement sur leur nature.

**INFUSOIRES.** *Halteria*..... (*Halt. grandinella* ?); cette petite espèce, dont j'ai trouvé quelques exemplaires dans le lac près de Genève, renfermait toujours ces corps verts parfaitement caractérisés.

*Coleps hirtus*; Genève, dans le lac; tous les individus, qui pullulaient sur le sable du fond, en étaient remplis.

<sup>1</sup> C'est une espèce nouvelle, caractérisée surtout par des aiguilles siliceuses très longues, qui au lieu de se terminer en pointe ou en fourche comme dans les autres *Acanthocystides*, sont évasées au sommet en forme de trompette. J'aurai peut-être plus tard l'occasion de décrire cette espèce, qui habite le lac Léman.

<sup>2</sup> Die Heliozoën der Umgegend von Wiesbaden. *Jahrb. Nassau. Verein. Naturk.* 1890.

*Gerda*.....? Cette vorticelle <sup>1</sup>, dont j'ai récolté une douzaine d'individus (tous dans une seule localité) en montrait également toujours, de très beaux et faciles à étudier.

HYDROIDES. *Hydra viridis*; Wiesbaden; globules bien caractérisés, et colorant tout l'animal en un beau vert d'herbe.

TURBELLARIÉS. *Vortex viridis*; Genève, dans le lac; les corps verts, très nets, étaient rangés en une couche serrée autour de l'estomac.

ROTIFÈRES. *Ascomorpha helvetica* <sup>2</sup>; Genève, dans le lac; tous les individus en renfermaient, logés sous la membrane très fine dans cette espèce; ces grains étaient très beaux et parfaitement caractéristiques.

Un premier fait remarquable à constater, est que dans tous ces animaux, rhizopodes, héliozoaires, infusoires, hydroïdes, turbellariés et rotifères, ces globules sont toujours les mêmes, et qu'on en peut faire une description identique dans quelque groupe qu'on les prenne.

Ce sont des corps très petits (millim. 0,003 à 0,006), sphériques ou en réalité plus souvent ovoïdes, et l'apparence globuleuse provient alors de ce que, par le fait de leur position serrée les uns à côté des autres; ils se présentent comme un œuf vu par le gros bout; ces corps

<sup>1</sup> Elle doit appartenir au genre *Gerda* de Claparède et Lachmann, mais ce n'est pas le *Gerda glans* qu'ont décrit ces auteurs.

<sup>2</sup> Cette espèce intéressante est je crois nouvelle pour le lac de Genève; Perty qui l'a décrite le premier la donne comme étant quelquefois remplie d'une masse d'un vert jaune, et ses figures, d'ailleurs peu détaillées, me font croire que les individus qu'il a rencontrés renfermaient de la chlorophylle. Si je ne me trompe, les corps pseudochlorophylliens n'ont pas encore été décrits chez les rotifères; ici ils se trouvaient parfaitement nets et normaux.



examinés attentivement montrent qu'un des pôles est formé d'un plasma clair, ou calotte bleuâtre plus ou moins épaisse, reposant sur un chromatophore vert qui à lui seul constitue presque toute la masse du globule. Ce chromatophore lui-même est souvent échancré ou creusé en forme de croissant au contact du plasma bleu polaire, et semble même parfois évidé en coupe à l'intérieur. A partir du pôle hyalin on voit généralement le plasma clair s'étendre sur le chromatophore et border tout le globule d'une couche mucilagineuse très fine, peut-être parfois durcie en une pellicule membraneuse<sup>1</sup>. Au centre du chromatophore, se trouve normalement un petit anneau foncé<sup>2</sup>, ou tache quelquefois bien nette, qui doit représenter le nucléus. Dans le plasma bleu amassé au pôle j'ai constaté, rarement mais distinctement, l'existence d'une petite vacuole non contractile<sup>3</sup>. Enfin la masse verte du chromatophore renferme généralement quelques petites granulations, qu'il faut sans doute considérer comme de l'amidon<sup>4</sup>; parfois dans le plasma hyalin du

<sup>1</sup> Brandt croit avoir trouvé quelquefois une fine membrane cellulosique; Entz parle d'une « enveloppe hyaline et mucilagineuse, rarement d'une membrane dure. »

<sup>2</sup> Cet anneau était parfaitement net sur la plupart des globules verts que j'ai étudiés à Genève; en Allemagne je ne l'avais que rarement observé.

Brandt a prouvé par la coloration au carmin l'existence d'un nucléus dans les corps pseudo-chlorophylliens.

<sup>3</sup> Entz croit avoir trouvé deux vacuoles contractiles (?) dans les corps verts des infusoires.

<sup>4</sup> Elles doivent correspondre à ce que Brandt a décrit comme *amylum* ou *paramylum*. Dans beaucoup de *Diffugia*, j'ai trouvé la chlorophylle toujours mélangée de grains d'amidon, en quantités souvent considérables, et dont la présence semblait liée à celle de la matière verte.

globule on voit aussi de petits grains brillants probablement de même nature.

Lorsque les globules sont soumis à l'action de l'acide sulfurique, la chlorophylle passe au vert émeraude puis au bleuâtre, et enfin disparaît tout à fait, mais le globule lui-même se voit très longtemps encore, souvent des heures entières, sous la forme d'une tache ronde, franche, d'un gris violacé très clair. Dans plusieurs occasions, après l'action de l'acide concentré et de l'iode, j'ai vu ces taches revêtir une teinte distinctement violette; quelquefois, avant la disparition de la chlorophylle par le fait du réactif, on voyait la couche mucilagineuse qui sur le vivant la revêt comme un vernis, former autour du chromatophore une enveloppe fine d'un violet bleuâtre. Ces réactions seraient donc de nature à montrer que la cellulose existe, comme véritable membrane ou tout au moins comme partie constituante de l'enveloppe mucilagineuse.

On trouve fréquemment les corpuscules pseudo-chlorophylliens en cours de division, et cette dernière peut alors se décrire comme suit : Sous le pôle mucilagineux bleuâtre se produit dans la matière verte une échancrure, qui devient toujours plus profonde, de manière à donner au chromatophore l'apparence d'un fer à cheval ou d'un V; finalement les deux branches du V se disloquent au bas de l'échancrure, et au lieu d'un chromatophore on en a deux, séparés par une zone de plasma clair. D'autres fois le chromatophore se divise en trois fragments, ou bien, très souvent aussi, en quatre, et dans plusieurs occasions j'ai rencontré (*Vortex viridis*, *Ascomorpha helvetica*) de ces tétrades, régulières, formées de quatre petits globules verts munis chacun d'une petite tache nucléaire centrale, et entourés d'une couche mucilagineuse com-

mune; d'autres fois on les voyait se disloquer et se détacher peu à peu de ce mucilage. Enfin parfois la division du noyau est très irrégulière, la matière verte se fragmente en petites masses de grandeurs différentes noyées dans le mucilage commun; quelquefois le chromatophore tout entier figure un anneau continu, dont l'intérieur est rempli par le plasma clair.

Cette description générale ne peut pas s'appliquer aux corpuscules chlorophylliens des végétaux en général, l'effet des réactifs, la répartition de la couleur verte, le mode de division, tout concorde à faire des corps pseudo-chlorophylliens des organismes particuliers. Or j'ai trouvé en grande abondance, à Genève, et mêlés aux espèces animales que je viens d'énumérer, de nombreux organismes libres que je n'ai cru pouvoir rattacher qu'à la famille des Palmellacées, et qui différaient à peine des grains de pseudo-chlorophylle. C'étaient des corps ovoïdes, avec un pôle de plasma hyalin-bleuâtre pourvu d'une petite vacuole (bouche) d'où quelquefois j'ai vu partir deux cils; le reste du corps était occupé par un chromatophore vert avec un anneau nucléaire très net et absolument semblable à celui que je viens de décrire; la division était analogue, le plus souvent par tétrades rappelant jusque dans leurs détails celles des grains de pseudo-chlorophylle. La différence n'existait guère que dans la grandeur (millim. 0,008 à 0,010) et dans la netteté plus grande des détails. Ces Palmellacées étaient généralement noyées, par groupes de 4 à 12 individus, dans de grosses sphères mucilagineuses très claires.

Les faits que je viens d'énumérer me semblent déjà de nature à montrer que les corpuscules pseudo-chlorophylliens ne peuvent pas être de formation endogène, bien

plus ils me paraissent apporter une grande probabilité à l'appui de l'opinion de Entz qui les rattacherait aux Palmellacées. Mais il me reste à énumérer diverses observations qui peuvent amener quelques éclaircissements sur le sujet.

Le fait que des algues véritables peuvent vivre dans le plasma animal est indiscutable; dans les différentes espèces de *Diffugia* que j'ai écrasées pour en examiner le contenu, j'ai trouvé, mêlées aux granules verts, tantôt des algues rondes à membrane dure (*Protococcus?*), tantôt des *Scenedesmus*, végétal si caractéristique dans ses formes qu'il est impossible de le confondre avec aucun autre organisme. Les globules de pseudo-chlorophylle, comme aussi les algues bien déterminées, peuvent rester très longtemps vivants et bien portants dans l'animal qui les héberge; ainsi, pour ne citer qu'un exemple, dans une *Diffugia amphora* que je conservais dans de l'eau claire et qui était restée huit jours retirée dans sa coque, dont elle avait fermé l'entrée par un bouchon résistant, j'ai trouvé après l'écrasement non seulement tous les grains verts, mais encore un exemplaire de *Scenedesmus* ainsi qu'une algue ronde (*Protococcus*) en parfaite santé<sup>1</sup>. Dans une autre *Diffugia*, des granules verts isolés après écrasement et conservés dans de l'eau pure se sont montrés, après quatre jours, encore très bien portants. Les

<sup>1</sup> Entz, après avoir écrasé des individus de *Stentor polymorphus* et avoir cultivé à part les fragments remplis de matière verte, en arriva à la conclusion que la chlorophylle se développa en différentes algues appartenant à la famille des Palmellacées (*Scenedesmus*, *Raphidium*, *Pleurococcus*, etc.). Je croirais plutôt que ces algues se trouvaient déjà comme telles dans le corps du *Stentor* au moment de l'écrasement, et qu'à ce moment-là Entz ne les avait pas remarquées.

individus de *Hyalosphenia papilio*, rapportés de Suède dans des paquets de sphaignes séchées, et que j'avais examinés au bout de deux mois, s'étaient retirés dans leur coque, et leur chlorophylle était généralement dans un état de santé parfait, quelquefois même après la mort du plasma animal; d'autres fois par contre ils n'étaient plus remplacés (et alors toujours dans le plasma mort) que par de petites capsules, très minces, vides ou renfermant encore un ou deux petits grains verts ou brunâtres ratatinés.

Dans toutes les espèces, j'ai trouvé que la chlorophylle était rassemblée dans les couches corticales du plasma, c'est-à-dire dans les parties non digestives<sup>1</sup>; c'est du reste ce qu'ont également remarqué la plupart des observateurs; Entz ajoute même que lorsque dans les Protozoaires les granules pénètrent dans la profondeur de l'endosarc ils sont digérés; sans avoir pu arriver aux mêmes conclusions, mes observations ne me permettent pas de nier le fait, qui ne me paraît pas invraisemblable. Büttschli cite pourtant des faits qui seraient opposés à cette dernière opinion de Entz, et fait remarquer que dans les Héliozoaires les grains verts se trouvent justement dans la couche de plasma qu'on considère comme digestive; à mon avis la chose est loin d'être prouvée; dans les deux héliozoaires, *Diplocystis gracilis* et *Acanthocystis*....., où j'ai vu le plus distinctement les corps verts, ils remplissaient la couche externe du plasma, sous la membrane, et ne pénétraient pas dans l'espace central plus spécialement affecté à la digestion.

<sup>1</sup> Dans l'*Hydre verte*, l'*Ascomorpha helvetica*, la position des grains est aussi relativement superficielle; dans le *Vortex* ils semblaient former une paroi à l'estomac.

On a quelquefois réussi à infecter des animaux indemnes de matière verte, en les mettant en rapport avec des corps pseudo-chlorophylliens; les expériences les plus décisives sous ce rapport sont celles de Schewiakoff; des infusoires (*Frontonia leucas*) amenés au contact de grains de pseudo-chlorophylle libres les dévorèrent sur-le-champ, et peu à peu se remplirent de matière verte due à la multiplication de ces grains.

A tous ces faits qui tendent à prouver directement la nature étrangère de la chlorophylle dans les animaux, on pourrait ajouter certaines considérations d'une signification moins directe, mais qui ne sont pas dépourvues d'intérêt. Ainsi le fait que toutes les formes animales renferment des corps verts identiques serait difficile à expliquer dans le sens de la formation endogène; on a peine à concevoir que des animaux radicalement différents dans leur structure donnent tous des produits semblables jusque dans leurs moindres détails. De plus, tandis qu'une certaine espèce renfermera constamment de la chlorophylle, une espèce si voisine qu'elle ne s'en distingue que par une légère différence de squelette n'en montrera jamais; une autre espèce encore, libre de toute chlorophylle dans une localité donnée, en sera remplie dans une autre.

De ces considérations qui semblent être autant de preuves supplémentaires à l'opinion qui veut que la chlorophylle soit de nature étrangère, on pourrait encore tirer certaines déductions d'une autre valeur, et qui bien que très naturelles, paraissent pourtant comporter une certaine contradiction : c'est d'abord que la chlorophylle n'est pas en principe pour l'animal qui l'héberge d'une utilité réelle, et ensuite que certaines espèces ont néan-

moins pour cette chlorophylle une sorte d'affinité véritable, jusqu'à en arriver à ne plus pouvoir s'en passer (*Coleps hirtus*, *Vortex viridis*, etc.); la symbiose s'est faite normale; d'indifférente elle est devenue avantageuse puis nécessaire. Quant au genre d'utilité que présenterait cette chlorophylle, elle est encore quelque peu problématique; toutefois il paraît évident que les animaux à chlorophylle prennent moins de nourriture que ceux qui en sont dépourvus<sup>1</sup>; ils en prennent pourtant, mais mes observations m'ont amené à conclure que la somme de nourriture capturée est dans ces animaux relativement peu considérable.

En résumé, je crois que dans l'état actuel de nos connaissances nous ne pouvons pas considérer la chlorophylle comme représentant jamais un produit direct du plasma animal. Il existe quelques organismes, appartenant à la famille des Flagellates, où, il est vrai, la chlorophylle est sans aucun doute à l'état de chromatophores d'origine endogène; mais dans cette famille, dont les représentants sont les uns végétaux les autres animaux, les espèces à chromatophores présentent toujours, autant du moins que j'ai pu en juger, d'autres caractères concomitants d'une nature végétale valable pour l'organisme tout entier, aussi sommes-nous encore fondés à conclure dans les termes mêmes de Brandt : « La chlorophylle de formation endogène manque absolument chez les animaux » (*Selbstgebildetes Chlorophyll fehlt Thieren vollkommen*).

<sup>1</sup> Brandt, et Entz, ont même avancé que les animaux à chlorophylle se passaient complètement de nourriture; mais plus tard ils ont tous deux modifié leur opinion.

EXPÉRIENCE FONDAMENTALE  
SUR LA  
CAPACITÉ INDUCTIVE SPÉCIFIQUE

par le

**D<sup>r</sup> Robert WEBER,**

Professeur à l'Académie de Neuchâtel.

---

M. le D<sup>r</sup> Ch.-Ed. Guillaume, de Neuchâtel, savant attaché au bureau international des poids et mesures à Sèvres, donne dans les *Archives des sciences physiques et naturelles*<sup>1</sup> quelques réflexions sur ma proposition : *l'expérience fondamentale sur la capacité inductive spécifique*<sup>2</sup>. Il explique à sa manière la différence signalée par moi, sans preuve directe et dans la supposition que mon mode de calcul serait faux. Le calcul donné par lui est connu de tout le monde, c'est la reproduction assez exacte des idées de M. Gordon<sup>3</sup> : les mêmes prémisses, les mêmes conclusions. Je ne les crois pas exactes; ma manière de

<sup>1</sup> Voir t. XXIV, p. 347.

<sup>2</sup> *Archives*, 1890, t. XXIII, p. 489.

<sup>3</sup> Gordon, *Electricity and Magnetism*, vol. I, p. 102, 1880.



voir sera développée dans une étude expérimentale que j'espère terminer bientôt.

Comme qu'il en soit, du reste, si l'on ne change rien à la proposition que j'ai faite, de verser de l'eau entre les deux verres à précipiter, l'expérience démontre bien et sans difficulté la propriété qu'il s'agit de reconnaître.

---

# BULLETIN SCIENTIFIQUE

---

## PHYSIQUE

WAITZ, K. UEBER DIE WELLENLÄNGEN ELECTRISCHER SCHWINGUNGEN. SUR LES LONGUEURS D'ONDE DES ONDULATIONS ÉLECTRIQUES (*Wiedem. Ann.*, 1890, n° 11, t. XLI, p. 435).

Avec des méthodes un peu différentes, M. Waitz a repris les recherches que nous avons publiées M. L. de la Rive et moi sur les ondulations électriques hertziennes se propageant le long de fils conducteurs<sup>1</sup>, et il a confirmé absolument les résultats que nous avons énoncés relativement à la résonance multiple des ondulations émanant d'un conducteur primaire de M. Hertz<sup>2</sup>.

Au lieu de déplacer le conducteur secondaire circulaire le long d'un fil conducteur en le maintenant son plan perpendiculaire à ce fil comme nous le faisons, il le maintenait pendant ce déplacement dans le même plan vertical que le fil et placé immédiatement au-dessus de lui; les étincelles secondaires sont dans ce cas un peu plus fortes, l'expérience par conséquent plus facile. Il a opéré avec des primaires de grandeurs très variables depuis le primaire type de M. Hertz,

<sup>1</sup> *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1890, t. XXIII, p. 113; *Beiblätter*, 1870, t. XIV, p. 419.

<sup>2</sup> M. Waitz arrive sur ce point à un énoncé identique à celui que nous avons exposé à la Société de physique de Genève le 4 septembre 1889 et à l'Académie des Sciences de Paris le 13 janvier 1890.

plaques de 40 cm<sup>3</sup>. écartées de 1<sup>m</sup>,20 de centre à centre, jusqu'à un primaire composé simplement de 2 boules conductrices de 4 cm. de diamètre. Il a employé aussi des résonateurs de dimensions très différentes, variant de 3 cm. à 100 cm. de diamètre. Comme M. de la Rive et moi, il a constaté qu'un cercle de dimensions données décèle toujours la même longueur d'onde quelles que soient les dimensions du primaire et que l'on peut dans l'intervalle de 4 octaves, sur lequel ont porté ses expériences, révéler une longueur d'onde quelconque dans le mouvement ondulatoire émanant d'un seul et même primaire de M. Hertz, cette longueur d'onde existant avec plus ou moins d'intensité dans l'ensemble complexe du mouvement oscillatoire quel que soit le conducteur primaire et à côté de l'ondulation fondamentale qui correspond à l'amplitude de celui-ci<sup>1</sup>.

Cette période fondamentale, que M. Hertz a seule considérée et que nous avions soupçonnée dans le cours de nos recherches, sans l'avoir mise en évidence, M. Waitz en démontre l'existence par ce qu'il appelle sa méthode de dérivation (*Abzweigung*), qui consiste au fond dans l'emploi d'un secondaire extensible entre des limites très éloignées. L'auteur fixe à cet effet aux deux pôles du micromètre de son conducteur secondaire deux fils conducteurs parallèles, perpendiculaires au plan du cercle, placé lui-même dans ce cas parallèlement au primaire et les relie par un bout de fil qui se déplace à volonté dans le sens de leur longueur, formant entre eux un pont mobile. On obtient ainsi un circuit fermé, de longueur variable, dont les deux extrémités aboutissent au micromètre à étincelle du secondaire et qui finit par constituer lui-même le secondaire, secondaire qui n'a pas de période propre puisqu'il est variable et est précisément par ce fait apte à déceler la période propre du primaire. En effet, lorsqu'on déplace le pont mobile le long des fils, l'étincelle dans le micromètre passe par des alternatives de maxima et de minima et l'allongement qu'a dû subir le circuit entre deux de ces maxima successifs donne la me-

<sup>1</sup> Éd. Sarasin et L. de la Rive. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1869, t. XXII, p. 287, au bas de la page.

sure de la longueur d'onde. Cette longueur, qui est constamment la même pour un même primaire et qui varie d'un primaire à l'autre, est la longueur d'onde fondamentale du primaire telle que l'a définie M. Hertz. Les mesures obtenues de la sorte par M. Waitz concordent bien avec celles de M. Hertz; comme ce dernier, par exemple, il trouve 3 m. environ pour la longueur d'onde du primaire formé de deux plaques de 40 cm<sup>2</sup>, écartées de 1<sup>m</sup>,20 de centre à centre.

Connaissant la longueur d'onde que donne un primaire déterminé le long d'un fil conducteur placé dans l'air, M. Waitz a cherché si cette longueur d'onde varie avec le milieu diélectrique qui enveloppe le fil, comme cela devait être d'après les observations de M. Hertz, qui établissent que l'ondulation électrique ne se propage pas dans le fil lui-même, mais dans le diélectrique qui entoure ce fil. Pour cela, il plonge ses deux fils parallèles dans une auge en zinc remplie d'un liquide isolant : huile de ricin, pétrole, etc., et il mesure la longueur d'onde avec et sans liquide dans l'auge. Il obtient ainsi pour le rapport de la vitesse dans l'air à la vitesse dans le pétrole des valeurs comprises entre 1,40 et 1,45, tandis que la mesure de l'indice de réfraction de ce pétrole pour la raie D lui donne 1,437. Le résultat pour l'huile de ricin, quoique moins net, est conforme. Il y a là tout au moins une coïncidence remarquable. Et ici l'auteur fait observer qu'il y a dans cette manière de mesurer le rapport des vitesses dans l'air et dans un liquide isolant une cause d'erreur provenant de ce que, d'après certaines expériences de M. Hertz, la vitesse de l'onde électrique serait beaucoup plus petite le long d'un fil tendu dans l'air que dans l'air sans fil conducteur. Mais cette cause d'erreur n'existe pas puisque nous avons prouvé, M. de la Rive et moi, que la vitesse de propagation de l'onde électrique dans l'air est très sensiblement la même en présence ou en l'absence d'un fil conducteur.

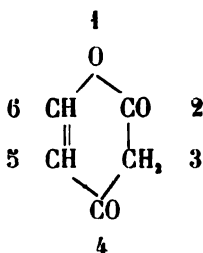
Les résultats de ce travail, sur lequel nous avons cru devoir nous arrêter plus longuement, sont donc : résonance multiple des ondulations électriques, existence de l'onde fondamentale propre du primaire, variation de la vitesse de propagation avec la nature du milieu.

ED. SARASIN.

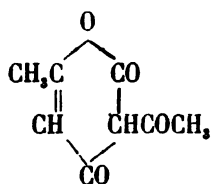
## CHIMIE

FRANZ FEIST. ACIDE DÉHYDRACÉTIQUE (*Annalen d Chem.* 257. p. 253. Zurich).

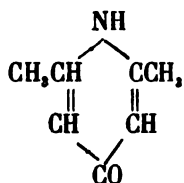
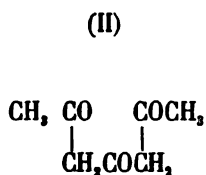
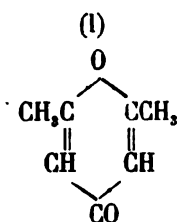
Les recherches de ce chimiste l'ont conduit à admettre que l'acide déhydracétique qui se forme par la condensation de 2 mol. d'éther acétacétique, est une  $\delta$  lactone, dérivant d'une substance ayant pour formule



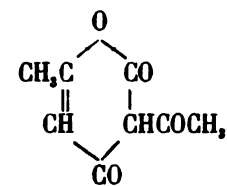
lui-même serait



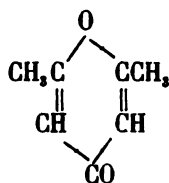
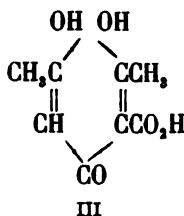
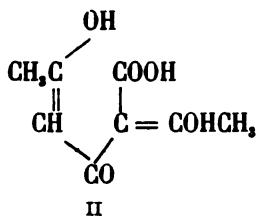
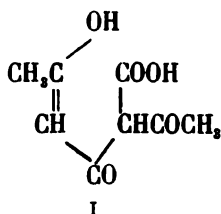
c'est-à-dire une méthylacétopyrone, par analogie au pyrazol et à la pyrazolone (cétodihydropyrazol). Les raisons sur lesquelles il se base pour adopter cette formule sont : 1° qu'avec l'acide iodhydrique, l'acide déhydracétique élimine  $CO_2$  et donne la diméthylpyrone (I) dont le sel de baryte, traité par l'acide chlorhydrique, donne la diacétylacétone, qui est une  $\beta$  tricétone de la série grasse; celle-ci peut être transformée en anhydride de la diméthylpyrone, qui avec  $NH_3$ , donne l' $\alpha\alpha$  lutidone déjà connue.



La formation de la diméthylpyrone au moyen de l'acide déhydracétique s'expliquerait par le fait que le cercle lactonique se serait ouvert par l'addition d'eau (I) puis par transposition de groupes (II) et (III), enfin par l'élimination d' $\text{H}_2\text{O}$  et de  $\text{CO}_2$  (IV)

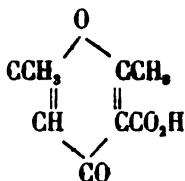


Acide déhydracétique.



Diméthylpyrone.

La seconde raison est qu'on obtient la diméthylpyrone en saponifiant par  $\text{SO}_3\text{H}_2$  dilué l'éther de l'acide diméthylpyron-dicarbonique. 3° qu'en traitant le chlorure déhydracétique fusible à  $101^\circ$  par l'acide sulfurique concentré on obtient un acide isomère de l'acide déhydracétique, qui est le vrai acide diméthylpyrone  $\beta$  carbonique fusible à  $98^\circ.5-99^\circ$



qui a des propriétés acides beaucoup plus marquées.

WALTER H. INCE. ACTION DES AMINES SUR LES DICÉTOPENTAMÉTHYLÈNES (*Berichte*, XXIII, 1478. Zurich).

Hantzsch a montré qu'on obtient la  $\beta$  chlorpyridine en faisant agir  $\text{NH}_3$  sur le chlorure 1.2 du dicétopentaméthylène, les amines n'agissent pas de même, il y a élimination de 2 mol d'eau et adjonction de 2 mol. d'amines. Avec l'aniline on obtient  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}(\text{N}_2\text{C}_6\text{H}_5)_2$ .

L'auteur a préparé aussi une base avec la p. toluidine, et avec la méthylaniline  $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{ClON}$  il a aussi obtenu un produit de condensation en faisant réagir la p. toluidine sur le chlorure 1.3 du dicétopentaméthylène.

COMPTE RENDU DES SÉANCES  
DE LA  
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES  
A LAUSANNE

---

*Séance du 3 décembre 1890.*

E. Renevier, prof. Présentation d'une grande plaque succinifère des Allinges.  
— E. Renevier, prof. Envahissement de la mer éocène aux Diablerets. —  
F.-A. Forel, prof. Seiches du 20 août 1890.

M. le prof. RENEVIER présente une magnifique plaque, de 1 mètre sur 75 cm., de schiste noir, remplie de nodules jaunes transparents d'une résine fossile, analogue au *Succin*, mais beaucoup plus fragile. Cette belle pièce venant de la colline des Allinges, près Thonon, a été donnée au Musée de Lausanne par M. l'ingénieur Delebecque. Elle provient des carrières derrière le village, au pied des rochers, où le banc en question a une étendue de quelques centaines de mètres, et un plongement de 50°SE, soit contre la montagne. Il se trouve au milieu de bancs de grès dur et compact, de couleur claire, très homogène, attribué généralement au flysch.

M. FOREL émet des doutes sur la possibilité que cette résine se soit déposée sur place, au pied des conifères succinifères. Il croirait plutôt à un entraînement par les eaux et à l'accumulation dans quelque mare ou baie tranquille.

ARCHIVES, t. XXIV. — Décembre 1890.

45



M. BENOIT dit avoir vu une accumulation actuelle analogue, de résine aussi abondante, dans une forêt de pins maritimes, entre Livourne et l'embouchure de l'Arno.

M. RENEVIER a profité de ce que la Société se réunissait dans l'auditoire de géologie pour préparer une petite exposition de fossiles remarquables du Musée de Lausanne récemment acquis, ou préparés et montés pour nos collections, en particulier une série de beaux *Rudistes* et *Diceras*, ainsi que le crâne de *Rhinocéros* trouvé par M. FORDHAM dans un bloc roulé de la Paudèze, dont la reconstitution a donné beaucoup de peine.

M. RENEVIER communique à la Société des renseignements nouveaux qu'il a obtenus, depuis la publication de sa *Mono-graphie des Hautes-Alpes vaudoises*, sur le gisement éocène des Diablerets. Il s'agit d'une série de fossiles, recueillis couche par couche dans ce gisement, et qui confirment son appréciation de l'envahissement successif de ce point par la mer éocène.

Les couches inférieures au banc d'*Anthracite* ne contiennent que des organismes d'eau douce, *Chara helicteres*, *Limnæa longiscata*, etc. Au-dessus de l'*Anthracite* se trouvent des bancs à fossiles saumâtres, avec *Cerit. Diaboli*, qui est probablement un *Potamides*. Puis le caractère marin s'accroît de plus en plus en s'élevant, et ce n'est que dans les couches supérieures du gisement que les polypiers deviennent abondants (Voir aux Mémoires).

M. F.-A. FOZZI décrit les *Seiches considérables qui ont été constatées sur le lac Léman le 20 août 1890*. Déjà la veille, l'atmosphère, troublée par diverses perturbations, avait mis en mouvement le lac, et les seiches étaient assez fortes; des séries de seiches avaient débuté le 19 août à 1 h., à 6 h. et à 11 h. du matin; cependant les limnographes de Sécheron et de Thonon n'indiquent aucune impulsion spéciale causée à 8 h. du soir par le passage du cyclone de St-Claude sur la vallée de Joux, à 20 kilom. de distance du lac. Le 20 août, à 4 h. du matin, les seiches ont repris une nouvelle intensité.

Mais la grande impulsion a été donnée à 8 h. du matin seulement, et cela avec une puissance telle que les tracés limnographiques de Sécheron ont enregistré des dénivellations de 63 cm., et ceux de Thonon de 13,5 cm., les plus fortes seiches observées depuis que des limnographes sont établis sur le Léman.

Dans le Rhône de Genève, les seiches ont été, suivant la règle démontrée déjà par M. E. Sarasin, plus fortes encore que dans le lac, et on a observé au bâtiment des turbines des dénivellations de l'eau atteignant 1.43 m.

Les plus grandes seiches connues à Genève sont celles :

Du 3 août 1763..... 1.48 <sup>m</sup> H.-B. de Saussure.

Du 16 septembre 1600. 1.62 Fatio de Duillier.

Du 3 octobre 1844..... 1.87 Veinié.

Les tracés des baromètres enregistreurs expliquent parfaitement ces puissantes impulsions données au balancement de l'eau du lac. Le barographe de Morges (petit Richard) montre, pour le 20 août, entre 8 et 10 h. du matin, une hausse de 4 mm., suivie d'une baisse de 3 mm., suivie d'une hausse de 4 mm. Le barographe de Thonon (grand Richard; Delebecque) indique, de 7 h. à 7 h. 25, une hausse de 3 mm.; de 7 h. 25 à 8 h. 30, une baisse de 2 mm., et de 8 h. 30 à 8 h. 40, une hausse de 3 mm.

---

**COMPTE RENDU DES SÉANCES**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE**

---

*Séance pour la célébration*  
**DU**  
**CENTENAIRE DE LA SOCIÉTÉ**  
*tenue le 23 octobre 1890,*

**DANS LA GRANDE SALLE DE L'ATHÉNÉE.**

Président. Allocution d'introduction. — Secrétaire. Lectures de lettres et adresses. — Aug. Wartmann. Coup d'œil rétrospectif sur le premier siècle d'existence de la Société. — L. Duparc. Idées d'H.-B. de Saussure en géologie. — R. Chodat. Progrès de la botanique à Genève pendant le premier siècle d'existence de la Société. — L. de la Rive. Pierre Prevost et ses recherches sur la chaleur rayonnante. — F.-A. Forel. Le problème de la thermique de la Méditerranée.

M. Lucien DE LA RIVE, président, ouvre la séance en rappelant qu'elle a pour objet la célébration du centenaire de la fondation de la Société. Il constate avec satisfaction par le nombre des personnes présentes que tous les membres de la Société ont compris l'importance de cette réunion et il souhaite la bienvenue aux personnes qui, par intérêt pour la science et pour le passé de la Société de physique, sont venues assister à la séance. Il remercie en particulier les mem-

bres honoraires que la distance n'a pas empêchés de se joindre à leurs collègues, et les membres de la Société vaudoise des sciences naturelles venus en bons confédérés. Il annonce ensuite que, pour célébrer dignement l'anniversaire solennel qui nous réunit, le Comité de publication a pensé ne pouvoir faire mieux que de faire paraître à cette occasion un *volume supplémentaire des Mémoires de la Société : Volume du Centenaire*, qui permettra d'écouler un trop plein de matériaux et témoignera par là de l'activité très réjouissante qui règne au sein de notre association. Le premier fascicule de ce volume, contenant la notice de M. Wartmann sur l'histoire de la Société et une note de M. L. de la Rive sur Pierre Prevost, le célèbre auteur de la théorie du calorique rayonnant, sera distribué à la sortie de la séance aux personnes présentes.

M. Édouard SARASIN, secrétaire, donne lecture de nombreuses lettres et adresses de membres honoraires et de sociétés amies félicitant la Société à l'occasion de son centenaire. La Société de Zurich, en particulier, a envoyé une adresse sur parchemin élégamment calligraphiée et reliée; la Société de Berne, un exemplaire relié avec luxe, portant une riche suscription, d'un ouvrage du prof. Graf sur Micheli du Crest.

M. le D<sup>r</sup> Auguste WARTMANN lit ensuite une notice historique très intéressante, intitulée *Coup d'œil rétrospectif sur le premier siècle d'existence de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, servant d'introduction au volume du Centenaire et formant la première partie du fascicule distribué à la séance.

M. le prof. L. DUPARC expose les *idées que professait H.-B. de Saussure sur la structure géologique de quelques montagnes de nos environs appartenant aux Préalpes savoisiennes*.

M. le prof. R. CHODAT communique une étude sur le *développement de la botanique à Genève de l'époque de la fondation de la Société à nos jours*.

M. Lucien DE LA RIVE lit une notice sur *Pierre Prevost et ses recherches sur la chaleur rayonnante*<sup>1</sup>.

M. F.-A. FOREL, de Morges, rappelle qu'il y a plus de cent ans que H.-B. de Saussure a posé le *problème de la thermique de la Méditerranée*. Il a constaté au large de Porto-Fino et de Nice, en octobre 1780, que les couches profondes de cette mer ont une température uniforme, 13°,2 C., beaucoup plus élevée que celle des lacs subalpins, qu'il avait trouvée à 4°-6°. Depuis lors, le fait de cette température uniforme, de 500 à 3000 mètres de profondeur, a été confirmé par de nombreuses recherches.

Le problème s'est compliqué par la découverte récente des allures fort différentes de la température dans l'océan Atlantique; la stratification thermique, limitée dans la Méditerranée aux couches supérieures jusqu'à 500 m., descend dans l'Océan jusqu'à 2000 m. et plus, où la température arrive à 2 à 3°.

La courbe de la propagation de la chaleur dans les eaux présente donc deux types très différents, l'un dans l'Océan, l'autre dans la Méditerranée et les lacs tropicaux (F.-A. F.). Dans la Méditerranée, comme dans les lacs de type tropical, il y a une masse d'eaux abyssales à température uniforme et très peu variable, au-dessus de laquelle est une couche peu épaisse, soumise en été à la stratification thermique; la variation thermique annuelle descend dans la Méditerranée jusqu'à 500 mètres environ, dans les lacs subalpins jusqu'à 100-150 mètres.

Quelles sont les actions opposées de réchauffement et de refroidissement qui déterminent pour chaque lac et pour la Méditerranée le degré auquel se maintient la température abyssale? C'est ce que M. Forel cherche à établir par une comparaison avec les faits thermiques connus dans le fond du lac Léman.

<sup>1</sup> Cette notice, ainsi que celles de MM. Wartmann, Duparc et Chodat, sont publiées dans le volume supplémentaire des *Mémoires de la Société, volume du Centenaire*, nous n'en rendrons donc pas compte plus longuement ici.

Il montre les analogies et les différences entre le lac d'eau douce et la mer d'eau salée, et conclut à la nécessité de recherches systématiques et continues sur la thermique de la Méditerranée pour l'élucidation du problème posé lors de la fondation de la Société de physique par l'illustre naturaliste genevois.

Après la séance officielle, la Société s'est transportée à l'hôtel de la Métropole pour une séance familière, dans laquelle de nombreux discours ont été prononcés par divers membres, par les représentants de l'État, de la Ville et de l'Université, et par les délégués des sociétés amies du reste de la Suisse.

### *Séance du 6 novembre.*

M. Schiff. Sur le rôle des canaux semicirculaires de l'oreille. — A. Delebecque. Carte hydrographique du lac de Genève. — Delebecque. Carte hydrographique du lac d'Annecy. — Chodat et Iwanowska. Hybrides de *Montbretia Potii* et de *Crocasmia aurea*.

M. le prof. SCHIFF résume ses études sur le rôle des canaux semicirculaires de l'oreille. Il est arrivé, par de nombreuses expériences, à admettre que ce rôle consiste à procurer la sensation spéciale du mouvement de la tête dont M. Mach de Prague a prouvé l'existence<sup>1</sup>.

M. A. DELEBECQUE présente la carte hydrographique du lac Léman, à l'échelle de  $\frac{1}{25000}$  et par courbes de niveau espacées de 10 mètres. Il a exécuté la partie française dans les années 1887 et 1888, avec la collaboration de MM. Falletti, Garcin et Magnin, agents des ponts et chaussées. La partie suisse a été exécutée par M. Hörnlmann, sous la direction de M. le colonel Lochmann.

M. Delebecque rappelle en quelques mots la méthode dont

<sup>1</sup> Les *Archives* publieront dans un de leurs prochains numéros un mémoire détaillé de M. Schiff sur ce sujet.

il s'est servi et qui n'est autre que celle employée par le bureau topographique fédéral pour les sondages des lacs suisses. Elle consiste essentiellement dans l'emploi de la planchette et de l'alidade à stadia pour les points voisins de la côte, et dans l'emploi du sextant pour les points du milieu du lac.

Les résultats les plus remarquables sont les suivants :

*L'horizontalité presque absolue du fond du Grand-Lac.* Sur une surface de 40 kilomètres carrés la dénivellation extrême est de 5 mètres. La plus grande profondeur du lac est de 340 mètres.

*La forte inclinaison des talus dans le Haut-Lac,* qui atteint 48° entre Saint-Gingolph et le Bouveret et 56° au pied du château de Chillon.

*Le ravin sous-lacustre du Rhône,* suivi sur une longueur de 9 kilomètres à partir de l'embouchure du fleuve. M. le professeur Forel a donné l'explication de ce phénomène dans le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, tome XXIII, 1887.

*Le Delta immergé de la Dranse,* type caractéristique des deltas désignés par Desor sous le nom de deltas torrentiels. Les matériaux les plus fins apportés par la rivière se déposent sur le talus du lac en formant un cône incliné de 25° à 30°, tandis que les gros graviers se déposent à peu près horizontalement par-dessus les couches inclinées. La structure de ce delta est analogue à celle des terrasses de Genève, d'Hermance, de Thonon, de Vevey, etc.

*Les barres et cuvettes* peu accusées qui forment le relief du Petit-Lac. Les profondeurs sur ces barres et cuvettes sont les suivantes :

Barre de Nernier....	66 <sup>m</sup>
Cuvette.....	76 <sup>m</sup>
Barre de Messery....	63 <sup>m</sup>
Cuvette.....	70 <sup>m</sup>
Barre d'Hermance...	64 <sup>m</sup>
Cuvette.....	70 <sup>m</sup>
Barre de Bellerive...	47 <sup>m</sup>
Cuvette.....	50 <sup>m</sup>

Les talus latéraux de la barre de Nernier ont une inclinaison de 3 à 6 millimètres par mètre, et, sur son versant est, on trouve des cailloux morainiques, souvent recouverts de mousse.

*Quelques monticules*, dont les plus importants sont celui de Cully, où la profondeur est de 239 mètres, les fonds voisins étant de 250 mètres, et celui de Bellerive, où la profondeur est de 8 mètres, les fonds voisins étant de 25 mètres. Ce dernier est constitué par la mollasse, d'après les observations de Ed. Pictet.

M. DELEBECQUE montre aussi la *carte des sondages qu'il a opérés récemment dans le lac d'Annecy*<sup>1</sup>.

M. le prof. R. CHODAT fait une communication préalable au sujet d'une étude qu'il a entreprise avec M<sup>lle</sup> Iwanowska (Laboratoire de botanique systématique de l'Université), qui a trait à la structure anatomique des Iridées.

Il présente le résultat d'observations faites sur un hybride très intéressant, vu qu'il est produit par deux genres assez distincts : *Montbretia crocosmiæflora*, hybr. : *Montbretia Pottii* × *Crocosmia aurea*. Les matériaux ont été en majeure partie fournis par Marc Micheli.

La structure anatomique de la feuille de ces deux espèces est assez semblable. La nervure moyenne est formée par une expansion de la feuille se répétant sur les deux faces. Les faisceaux y sont au nombre de six : deux principaux médians opposés et s'appuyant immédiatement par leur stéréome contre l'épiderme, quatre autres opposés par paire, latéraux par rapport aux autres. Le limbe de la feuille est traversé par des supports en I formés par deux faisceaux noyés dans un sclérénchyme commun. Le tissu mécanique de la marge est représenté par l'épiderme à cellules fortement épaissies et à lumen presque oblitéré.

Les deux faisceaux médians de la nervure principale chez *M. Pottii* ont avec le tissu mécanique qui les entoure une section ovale, et le rapport entre la hauteur et la largeur de

<sup>1</sup> Voyez ci-dessus p. 403.



ce faisceau est de 10 ou à peu près. Chez *C. aurea*, la section est plus triangulaire. En effet, le faisceau avec sa gaine fibreuse s'insère dans toute sa largeur sur l'épiderme, tandis que chez *M. Potsii*, la ligne d'insertion est courbe et par là ne touche l'épiderme que par sa partie moyenne. Le rapport indiqué est de 15 chez *C. aurea*. L'hybride *M. crocosmiiflora*, première génération, a comme section du faisceau une forme intermédiaire, et le rapport entre la hauteur et la largeur de 12.

La hauteur de la nervure médiane comparée à l'écartement des faisceaux secondaires donne pour *M. Potsii* la valeur 1,1, pour *M. crocosmiiflora* 1,2, et pour *C. aurea* 1,49.

Chez la mère (*M.*), les cellules épidermiques sont renforcées par des papilles très proéminentes, mais obtuses, qui sont beaucoup plus réduites chez *C. aurea*. L'hybride est encore intermédiaire, tout en se rapprochant plus de la mère que du père. Cette ressemblance avec la mère est plus frappante si on compare les marges de ces différentes espèces. Tandis que chez *C. aurea* la marge est notablement plus large que le limbe du bord et d'une forme pentagonale quant à sa section, chez *M. Potsii* cette section est plus linéaire, très obtuse.

L'hybride de première génération est muni d'une marge foliaire identique à celle de *M. Potsii*. Il y a donc une tendance manifeste à se rapprocher de la mère.

L'hybride de seconde génération obtenu par M. Micheli est aussi très intéressant. Sa marge foliaire maintenant est à peu près intermédiaire entre les deux parents, tandis que les autres caractères sont flottants. Des variétés obtenues par M. Lemoine et qu'il a nommées Étoile de Feu, Gerbe d'or, ont aussi cette marge intermédiaire, tandis que les autres caractères sont assez distincts.

On sait que le caractère de la marge, qui était celui de la mère dans l'hybride de première génération, devient celui du père dans la seconde.

Cette étude sera continuée.

*Séance du 20 novembre.*

Ph. Plantamour. Mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. — Amé Pictet et H.-T. Ankersmit. Sur la phénanthridine. — C. Soret. Considérations théoriques sur la polarisation rotatoire naturelle. — L. Duparc. Composition de quelques roches du Valais. — E. Sarasin. Phénomène de végétation. — Sarasin. Analyse de divers travaux.

M. Phil. PLANTAMOUR lit une notice sur la 12<sup>me</sup> année de ses observations sur les *mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulles d'air*<sup>1</sup>, par laquelle il clôt la série, souhaitant que d'autres observateurs reprennent ces très intéressantes recherches en d'autres lieux.

M. Amé PICTET communique un travail sur la *phénanthridine* qu'il vient de faire en collaboration avec M. ANKERSMIT<sup>2</sup>.

M. le prof. Charles SORET présente quelques remarques sur la *théorie de la polarisation rotatoire naturelle*<sup>3</sup>.

M. le prof. L. DUPARC fait une communication préliminaire sur la *composition chimique des roches* qui lui ont été envoyées par M. le Dr de Fellenberg, roches qui présentent les types les plus caractéristiques des différentes zones établies par ce dernier dans la feuille XVIII de la carte géologique suisse.

M. Duparc a d'abord examiné les roches éruptives anciennes de Gasteren, à savoir les granits de cette localité, ainsi que les granophyres et les porphyres.

Le granit de Gasteren (variété verte) présente, au point de vue chimique, le prototype du vrai granit avec 67 % de SiO<sub>2</sub>, et 8 % d'alcalis, la potasse en prédominance. La variété rouge du même granit, bien que présentant la même acidité,

<sup>1</sup> Voyez ci-dessus p. 441.

<sup>2</sup> Voyez ci-dessus p. 598.

<sup>3</sup> Voyez ci-dessus p. 591.

diffère sur la quantité d'oxydes  $R_2O_3$ , moindre que dans le précédent, tandis que  $CaO$  y augmente. Les alcalis y sont aussi en moindre quantité. En revanche, il renferme, de même que le précédent, de l'acide carbonique, mais en plus forte proportion. Cette variété semblerait être, au point de vue chimique, le facies de décomposition de la première. Quant aux granophyres et porphyres, ils présentent une composition très analogue. Ces derniers sont un peu plus acides, ce qui doit être. En effet, ils renferment 69-70 % de  $SiO_2$ .

Dans les protogynes du Bietschhorn et de l'Aletsch, qui ont été aussi examinées et qui, du reste, présentent, chimiquement parlant, une étroite analogie, cette acidité augmente encore et fait de ces roches le type vraisemblablement le plus acide des roches éruptives de cette partie des Alpes. La silice s'y trouve, en effet, à raison de 75 et 76 %, c'est-à-dire en quantité plus forte que chez la plupart des protogynes du Mont-Blanc qui ont été analysées.

Les faibles quantités de  $CaO$  et  $MgO$  trouvées correspondent fort bien avec la pauvreté de la roche en éléments micacés.

Enfin, les amphibolites des différentes zones ont été également analysées.

La première, celle du Distelberg, riche en feldspath, est la moins basique avec 61 % de silice et 6 % d'alcalis. Dans celle de la Ijöllilücke, la diminution de l'élément feldspathique et la prédominance de l'amphibole se traduisent par une basicité beaucoup plus grande et par la diminution des alcalis. Enfin, l'élément le plus basique paraît être jusqu'à présent les Strahlsteinschiefer avec 48 % de silice.

M. Duparc publiera plus tard les résultats qu'il aura obtenus sur toute la série de ces différentes roches.

M. E. SARASIN montre une branche de poirier sauvage provenant de chez lui, au Grand-Saconnex, et dans laquelle, malgré sa faible force relative, une mince liane a creusé un cordon hélicoïdal profond, jusqu'à être par place emprisonnée dans l'épais bourrelet de l'écorce.

M. SARASIN rend compte d'un important travail de M. K. Waitz sur les *longueurs d'onde des ondulations électriques*, paru dans le dernier numéro des *Annales de Wiedemann*<sup>1</sup>.

*Séance du 4 décembre.*

Ch.-Eug. Guye. Conditions de sensibilité des bolomètres. — L. Duparc. Classification des roches éruptives. — Wartmann. Phénomène curieux de végétation. — De Hansen. Forces électromotrices au contact d'un liquide avec les diverses faces d'un cristal. — R. Chodat. Structure intime des chloroplastes de l'*alanthe Sieboldii*.

M. Ch.-Eug. Guye complète la communication qu'il avait faite dans la séance du 4 septembre dernier sur les *conditions de sensibilité des bolomètres*. Il résulte d'une démonstration mathématique que la déviation de l'aiguille galvanométrique peut être exprimée par la formule suivante

$$\lg \delta = \frac{\gamma t K \sqrt{JS\epsilon\theta}}{H} \frac{a' \sqrt{r}}{\sqrt{a}(a + a' + 2r)}$$

lorsque les extrémités du fil du galvanomètre viennent aboutir entre les deux résistances du bolomètre.

Cette formule devient

$$\lg \delta = \frac{\gamma t K \sqrt{JS\epsilon\theta}}{H} \frac{a \sqrt{ra'}}{2aa' + ra' + ra}$$

lorsqu'on échange la pile avec le galvanomètre.

Dans ces formules  $\delta$  représente la déviation de l'aiguille galvanométrique;  $\gamma$  le coefficient de variation de résistance électrique de la branche du bolomètre exposée au rayonnement;  $t$  l'élévation de température due au rayonnement;  $K$  une constante qui ne dépend que de la forme et des

<sup>1</sup> Voyez ci-dessus p. 651.

dimensions de la gorge de la bobine galvanométrique;  $H$  l'intensité du champ terrestre plus ou moins diminuée par l'astatisme;  $J$  l'équivalent mécanique de la chaleur exprimé dans les unités convenables;  $S$  surface de la branche du bolomètre exposée au rayonnement;  $\epsilon$  constante qui dépend du pouvoir émissif de la branche du bolomètre;  $\theta$  élévation de température produite par le passage du courant;  $a$  résistance de l'une des branches auxiliaires;  $a'$  résistance de la branche du bolomètre;  $r$  résistance du galvanomètre.

M. GUYE expose en finissant quelles sont les conditions qui rendent ces expressions *maxima* et donne les résultats d'expériences qui confirment pleinement les formules déduites de la théorie.

M. le prof. DUPARC fait un exposé comparatif des vues de MM. Michel Lévy et Rosenbusch sur la *classification des roches éruptives* et des nomenclatures différentes proposées à cet effet par les deux savants pétrographes.

M. le Dr AUG. WARTMANN montre une grappe de raisin muscat moitié rouge, moitié blanc, cueillie par lui dans sa propriété de Versoix sur une souche de muscat rouge à côté de laquelle s'en trouve une autre de blanc. Il soumet cet intéressant *phénomène de végétation* à l'examen des botanistes présents à la séance.

M. le Dr de HANSEN communique par l'intermédiaire de M. C. SORET quelques *recherches relatives aux forces électromotrices qui se produisent au contact d'un liquide avec les diverses faces d'un cristal*. M. Bäckström (Öfversigt af kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar 1888, p. 533) avait observé que lorsqu'on plonge dans un même électrolyte deux morceaux du même cristal de telle sorte qu'ils touchent le liquide par des faces d'espèces différentes, ils sont généralement inégalement attaqués, et si on les relie extérieurement par un fil conducteur il se produit un courant allant dans le liquide de la face qui est le plus attaquée à celle qui l'est le moins. M. de Hansen a repris ces expériences, dans le but surtout de rechercher si ces forces électro-motrices sont

constantes, point que M. Bäckström n'avait pas élucidé. Les cristaux (de magnétite le plus souvent) étaient fixés avec de l'amalgame de cuivre dans des supports de laiton, et soigneusement vernis dans les parties qui ne devaient pas être exposées au contact du liquide. Les mesures ont été faites soit en circuit fermé avec un galvanomètre, soit en circuit ouvert à l'aide d'électromètres de Mascart ou de Lippmann. Dans les premiers cristaux étudiés, en opposant une face de l'octaèdre à une face du cube, cette dernière s'est trouvée constamment positive; mais cette régularité a disparu à mesure que le nombre des observations a augmenté, et, en somme, la différence de potentiel s'est manifestée autant de fois dans un sens que dans l'autre. Sa valeur absolue varie aussi dans des limites très étendues. Comme électrolyte on a employé tantôt de l'acide sulfurique étendu, tantôt de l'acide chlorhydrique à divers degrés de concentration.

Il est difficile de savoir quelle part revient dans ces résultats négatifs aux irrégularités accidentelles de structure des cristaux et aux petites variations de leur composition chimique. Tout ce qu'on peut dire, c'est que s'il existe une relation déterminée entre l'orientation cristallographique des faces et leurs forces électromotrices au contact d'un même électrolyte, cette relation est le plus souvent voilée par des causes fortuites et irrégulières dont il est mal aisé de se mettre à l'abri.

Rappelant une communication qu'il a faite à la Société au sujet des chloroplastes de *Calanthe Sieboldii*, M. le prof. CHODAT rend compte *des recherches qu'il a entreprises pour déterminer leur structure intime*. On sait que deux théories sont actuellement en présence, celle de A. Tschirch, qui admet que le stroma chlorophyllien a une structure spongieuse et que la chlorophylle y est contenue sous forme d'infiltration remplissant les lacunes. C'est aussi en quelque sorte la théorie de Pringsheim. Ce dernier admet que la substance verte est une huile qui tient en dissolution le pigment.

A. Meyer et Schimper, au contraire, admettent que la chlorophylle (pigment) est répartie dans le plasma fonda-

mental du grain sous forme de petites granulations arrondies (grana).

M. Chodat, en étudiant avec de fortes immersions des cellules intactes non modifiées par les réactifs, a pu se convaincre que dans les chloroplastes fusiformes ou arrondis du pseudobulbe de *Calanthe Sieboldii*, la chlorophylle est bien liée à une substance huileuse qui remplit, sous forme d'infiltration, les lacunes d'une masse spongieuse. Il est facile de s'en convaincre en examinant principalement le bord de ces chloroplastes, où cette structure apparaît nettement. Il en résulte, qu'au moins pour ces granulations, la théorie de Pringsheim et Tschirch est exacte, et que celle des « grana » de Meyer ne peut trouver son application.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

NOVEMBRE 1890

Le 4, à 6 h. du soir, fort vent du SSW.

5, neige mêlée de pluie à 9 h. du soir.

9, gelée blanche le matin; neige mêlée de pluie entre 11 h. et midi.

11, brouillard enveloppant jusqu'à 7 h. du matin.

13, très forte gelée blanche le matin.

14, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.

16, gelée blanche le matin; brouillard de 8 h. à 10 h. du matin, ainsi qu'à 1 h. du soir.

17, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

18, forte gelée blanche le matin; rosée à 10 h. du soir.

20, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; couronne lunaire à 7 h. 40 m. du soir.

21, brouillard jusqu'à 10 h. du matin, ainsi que depuis 9 h. du soir.

24, fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

25, fort vent jusqu'à 7 h. du matin.

26, neige dans la nuit et dans la journée; forte bise de 1 h. à 7 h. du soir.

27, neige dans la journée; hauteur : 3 cm.

30, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.



*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm.		mm.
Le 3 à 10 h. soir.....	723,51	Le 2 à 7 h. soir.....	716,77
6 à 6 h. soir.....	723,36	5 à 1 h. soir.....	715,46
8 à 9 h. matin.....	720,86	7 à 2 h. soir.....	716,29
20 à 11 h. matin.....	739,58	9 à 5 h. matin.....	717,52
30 à 10 h. matin.....	735,00	24 à 2 h. soir.....	714,02

Baromètre.		Température C.				Fract. de saturation en millièmes				Pluie ou neige		Vent dominant.	Temp. de Rhéom.		Linnimètre à 11 h.			
Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.		Éau tomb. d. les 24 h.	Midi.		Écart avec la temp. normale.		
millim.	millim.	millim.	millim.	"	"	"	"	"	"	mm.	mm.	mm.	°	°	cm			
1	721.15	5.01	719.29	723.50	6.29	0.68	4.9	8.2	931	97	700	980	13.4	15 NNW. 20	1.00	9.4	-2.3	145.9
2	724.07	5.09	716.77	724.05	8.30	1.51	4.9	13.7	794	40	530	960	7.8	5 SW. 1	0.92	...	...	146.0
3	724.82	4.33	718.69	723.51	7.19	0.58	3.8	12.9	758	77	570	870	4.8	7 SSW. 1	0.48	10.6	-0.8	146.5
4	719.08	7.08	716.11	723.03	8.76	2.32	2.9	14.0	705	130	530	860	3.4	3 SSW. 1	0.92	10.5	-0.8	146.7
5	716.61	9.55	715.46	718.28	7.07	0.81	2.9	10.3	746	90	650	860	6.4	4 SSW. 1	1.00	10.0	-1.1	146.5
6	721.95	4.21	718.73	723.36	5.58	0.51	2.2	10.3	825	11	630	930	3.0	3 variable	0.83	10.0	-1.0	147.2
7	717.60	8.57	716.39	720.23	4.10	1.82	2.1	7.0	840	4	710	970	0.3	2 SSW. 1	1.00	7.4	-3.5	149.2
8	720.00	6.18	719.15	720.86	6.02	0.38	2.3	11.0	706	131	540	880	...	9 W. 0	0.82	8.0	-2.7	150.5
9	718.04	8.15	717.52	719.01	3.08	2.49	0.5	5.3	899	61	830	950	5.1	0 S. 0	0.93	...	...	152.0
10	719.61	6.89	718.77	720.98	3.32	2.08	2.1	4.8	923	84	900	950	8.2	19 S. 0	1.00	7.3	-3.2	152.3
11	720.26	5.95	719.48	721.48	4.02	1.22	0.2	7.4	879	40	690	970	0.9	2 E. 0	1.00	7.5	-2.8	152.3
12	725.08	1.14	721.39	729.40	5.56	0.49	3.0	10.2	810	29	630	970	1.8	4 S. 1	0.77	7.6	-2.6	154.2
13	730.57	4.33	729.30	731.12	3.08	1.83	2.1	8.5	829	11	660	940	...	0 SW. 0	0.40	8.2	-1.9	152.5
14	731.08	4.83	730.54	731.90	6.29	1.55	1.9	11.8	796	44	580	940	0.2	0 SW. 0	0.92	8.5	-1.5	152.9
15	733.03	6.76	731.96	733.94	7.75	3.17	5.0	11.7	830	11	690	910	...	0 SW. 0	0.58	9.2	-0.6	153.9
16	734.22	7.93	733.45	735.37	3.30	1.12	0.2	6.9	936	95	880	980	...	variable	0.27	...	...	151.0
17	735.21	8.90	734.65	735.73	4.71	0.45	0.5	12.9	898	34	800	1000	...	variable	0.33	9.2	-0.4	150.7
18	736.17	9.83	734.65	737.08	4.84	0.74	0.2	10.1	864	52	730	969	...	SE. 1	0.62	9.0	-0.4	151.0
19	736.66	10.30	736.25	737.53	5.76	1.81	2.4	10.2	830	13	720	930	...	N. 1	0.12	9.4	+0.1	150.5
20	738.38	11.99	737.37	739.58	4.86	1.07	2.1	9.8	815	28	570	950	...	SSW. 1	0.49	9.5	+0.3	150.0
21	734.73	8.32	732.17	738.19	5.14	4.47	0.6	13.0	853	9	640	968	...	N. 0	0.50	9.3	+0.2	149.0
22	732.28	5.84	731.43	733.73	5.47	1.98	0.7	9.0	702	143	460	968	1.2	3 SSW. 1	0.93	9.2	+0.2	148.5
23	728.36	1.89	724.81	732.56	4.30	0.96	1.1	9.8	874	29	780	970	3.2	9 NW. 0	1.00	...	...	150.0
24	718.60	7.90	714.02	724.07	10.33	7.13	5.0	15.0	674	172	540	790	6.3	1 SSW. 1	0.87	10.1	+1.4	151.0
25	717.82	8.71	717.15	718.26	3.91	0.86	0.7	6.9	874	161	480	840	4.0	1 SSW. 1	0.90	9.2	+0.6	151.0
26	717.63	8.94	716.37	718.97	1.54	4.46	5.0	2.0	829	18	740	910	0.4	1 NNE. 1	1.00	9.0	+0.5	153.1
27	719.14	7.46	718.27	721.06	5.14	7.92	6.1	4.0	829	66	790	870	1.4	12 variable	1.00	6.4	-2.0	152.0
28	721.10	5.84	720.52	721.66	4.86	7.50	6.1	4.2	782	19	730	850	...	NNE. 1	1.00	6.0	-2.3	152.0
29	724.46	2.21	721.46	729.88	3.51	6.02	5.4	1.9	801	48	710	880	...	S. 0	0.97	5.7	-2.5	154.5
30	733.13	6.12	730.33	735.00	2.58	4.96	7.1	0.0	850	0	780	930	...	E. 1	0.98	...	...	151.0

## MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1890

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	mm 719.69	mm 719.30	mm 719.87	mm 720.13	mm 719.48	mm 719.33	mm 719.67	mm 720.06
2 <sup>e</sup> »	731.25	731.45	731.97	732.50	731.87	731.95	732.57	732.97
3 <sup>e</sup> »	725.14	724.83	724.83	724.97	724.23	724.26	724.79	724.75
Mois	725.36	725.19	725.55	725.87	725.20	725.18	725.68	725.93

<b>Température.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	+ 4.86	+ 4.33	+ 4.34	+ 7.15	+ 8.61	+ 7.16	+ 6.16	+ 5.16
2 <sup>e</sup> »	+ 2.84	+ 2.59	+ 2.51	+ 5.87	+ 9.00	+ 8.19	+ 5.45	+ 3.67
3 <sup>e</sup> »	+ 0.27	+ 0.65	+ 1.00	+ 2.07	+ 2.71	+ 1.83	+ 0.61	+ 0.04
Mois	+ 2.66	+ 2.52	+ 2.62	+ 5.03	+ 6.77	+ 5.73	+ 4.06	+ 2.96

<b>Fraction de saturation en millièmes.</b>								
1 <sup>re</sup> décade	835	878	886	770	708	762	812	830
2 <sup>e</sup> »	939	938	923	841	684	736	839	888
3 <sup>e</sup> »	830	829	823	786	741	710	773	812
Mois	868	882	877	799	711	736	808	850

	Therm. min.	Therm. max.	Température du Rhône.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Lunimètre
1 <sup>re</sup> décade	+ 2.77	+ 9.75	+ 9.15	0.89	52.4	148.28
2 <sup>e</sup> »	+ 1.22	+ 9.95	+ 8.68	0.55	2.9	151.64
3 <sup>e</sup> »	— 2.13	+ 4.56	+ 8.11	0.91	13.2	151.51
Mois	+ 0.62	+ 8.09	+ 8.65	0.78	68.5	150.48

Dans ce mois l'air a été calme 42,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 0,54 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 31°, 9, W. et son intensité est égale à 14,1 sur 100.

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1890.

- Le 1<sup>er</sup>, brouillard jusqu'à 10 h. du matin; neige dans la nuit.
- 2, brouillard de 4 h. à 7 h. du soir; légère neige et fort vent à 10 h. du soir.
- 4, neige depuis 7 h. du soir; forte bise à 7 h. du soir.
- 6, neige et forte bise jusqu'à 7 h. du matin, puis brouillard jusqu'à 7 h. du soir.
- 7, légère neige à 7 h. du matin et à 7 h. du soir; brouillard par une forte bise depuis 10 h. du soir.
- 8, brouillard jusqu'à 4 h. du soir.
- 9, neige depuis 10 h. du soir.
- 10, neige jusqu'à 4 h. du soir, puis brouillard; forte bise depuis 10 h. du soir.
- 11, légère neige à 1 h. du soir.
- 12, brouillard par une très forte bise pendant tout le jour.
- 17, forte bise depuis 7 h. du soir.
- 18, forte bise depuis 10 h. du soir.
- 19, brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.
- 22, neige jusqu'à 1 h. du soir; forte bise depuis 10 h. du matin; brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.
- 23, neige pendant tout le jour; forte bise depuis 10 h. du soir.
- 24, neige dans la nuit et dans la journée; forte bise à 4 h. et depuis 10 h. du soir.
- 25, brouillard jusqu'à 7 h. du matin; neige par une forte bise de 1 h. à 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
- 26, brouillard jusqu'à 7 h. du matin.
- 27, neige jusqu'à 4 h. du soir, puis brouillard; fort vent à 1 h. du soir.
- 29, brouillard depuis 10 h. du soir.

*Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.*

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 6 à 7 h. soir.....	558,24	Le 5 à 3 h. soir.....	552,95
8 à 7 h. soir.....	556,49	7 à 2 h. soir.....	553,00
20 à 1 h. soir.....	572,15	10 à 4 h. soir.....	553,94
30 à 11 h. matin.....	566,80	27 à 6 h. matin.....	549,60

Jours du mois.	Baromètre.			Température C.			Pluie ou neige.		Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe.	Maximum. observé au barographe.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	Hauteur de la neige.	Rau tombée dans les 24 h.		
1	558.75	- 4.55	558.20	560.15	- 3.09	- 7.8	120	22,0	SW.	0.57
2	559.64	- 3.59	556.70	560.87	- 2.04	- 7.9	.....	.....	SW.	0.80
3	557.68	- 5.48	556.62	559.12	- 4.83	- 10.8	.....	.....	NE.	0.42
4	557.38	- 5.75	555.24	559.10	- 4.66	- 9.5	180	21,0	NE.	0.40
5	553.88	- 9.16	552.95	555.05	- 2.50	- 9.5	.....	.....	NE.	0.15
6	557.00	- 5.98	554.85	558.24	- 4.48	- 10.4	90	3,5	NE.	0.85
7	553.31	- 8.61	553.00	557.02	- 3.91	- 10.0	.....	.....	NE.	0.80
8	555.19	- 7.67	554.05	556.49	- 6.30	- 12.3	.....	.....	NE.	0.77
9	554.87	- 8.23	554.08	555.30	- 4.84	- 11.0	.....	.....	SW.	0.48
10	554.36	- 8.39	553.91	554.89	- 4.22	- 10.5	240	25,0	NE.	1.00
11	556.74	- 5.96	555.35	556.70	- 4.98	- 11.2	.....	.....	SW.	0.62
12	558.67	- 3.98	556.90	561.90	- 4.44	- 10.9	.....	.....	NE.	2.10
13	564.02	- 1.42	561.93	566.05	- 4.49	- 11.1	.....	.....	NE.	0.42
14	567.06	- 4.51	566.10	567.95	- 3.65	- 3.5	.....	.....	NE.	0.28
15	569.24	- 6.74	567.90	570.11	- 4.03	- 2.0	.....	.....	NE.	0.03
16	569.93	- 7.47	569.30	570.41	- 5.97	- 3.8	.....	.....	NE.	1.00
17	569.87	- 7.45	569.33	570.37	- 2.77	- 5.2	.....	.....	NE.	0.03
18	569.80	- 7.42	569.20	570.37	- 0.96	- 5.8	.....	.....	NE.	0.00
19	569.66	- 7.32	568.85	570.70	- 6.24	- 7.7	.....	.....	NE.	0.37
20	571.67	- 9.37	570.90	572.15	- 2.67	- 7.0	.....	.....	NE.	0.15
21	569.54	- 7.28	568.30	571.25	- 4.54	- 4.7	.....	.....	NE.	0.23
22	565.04	- 2.81	562.90	567.98	- 8.82	- 3.00	100	7,4	NE.	0.83
23	563.40	- 0.91	562.10	564.70	- 2.75	- 3.18	250	42,6	NE.	1.00
24	556.19	- 5.96	551.72	561.90	- 5.22	- 10.8	260	48,7	NE.	0.88
25	551.29	- 10.83	550.50	552.05	- 12.99	- 15.2	80	2,0	NE.	0.92
26	549.92	- 12.17	549.75	550.21	- 14.89	- 16.9	.....	.....	NE.	0.25
27	550.42	- 11.64	549.60	552.00	- 13.47	- 7.14	140	6,0	SW.	1.00
28	552.85	- 9.18	551.99	553.90	- 4.91	- 14.8	.....	.....	SW.	0.38
29	556.88	- 5.12	553.70	562.33	- 9.24	- 11.4	.....	.....	NE.	0.38
30	565.70	- 3.73	562.95	566.80	- 8.57	- 10.6	.....	.....	SW.	0.12
Mois.	560.34	- 1.69			- 6.71	- 1.41				0.48

## MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1890.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Baromètre.</b>								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	556,51	556,13	556,22	556,39	556,13	556,28	556,27	556,25
2 <sup>e</sup> » ...	563,86	565,82	566,33	566,81	566,88	567,05	567,23	567,34
3 <sup>e</sup> » ...	558,46	558,13	558,13	558,33	557,72	557,60	558,18	558,19
Mois .....	560,28	560,03	560,23	560,51	560,24	560,31	560,56	560,59

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
<b>Température.</b>						
	°	°	°	°	°	°
1 <sup>re</sup> décade...	— 7,47	— 6,23	— 5,49	— 6,85	— 7,51	— 7,94
2 <sup>e</sup> » ...	— 4,87	— 3,37	— 1,97	— 3,38	— 4,16	— 4,36
3 <sup>e</sup> » ...	— 9,04	— 7,40	— 7,09	— 9,12	— 9,06	— 9,66
Mois .....	— 7,13	— 5,67	— 4,85	— 6,45	— 6,91	— 7,32

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	°	°		mm	mm
1 <sup>re</sup> décade...	— 9,97	— 4,83	0,59	71,5	630
2 <sup>e</sup> » ...	— 6,82	— 1,14	0,26	—	—
3 <sup>e</sup> » ...	— 12,55	— 5,56	0,40	76,7	830
Mois .....	— 9,78	— 3,84	0,48	148,2	1460

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SW. a été celui de 3,27 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 61,7 sur 100

## BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

### ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

---

## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VINGT-QUATRIÈME

(3<sup>me</sup> PÉRIODE)

1890. — N<sup>o</sup> 7 à 12.

---

	Pages
Sur les équations fondamentales de l'électrodynamique pour les corps en repos, par M. H. Hertz.	5
De la détermination du poids moléculaire au moyen du phénol, par M. Paul Juillard.....	67
Voyage d'exploration de <i>la Gazelle</i> durant les années 1874 à 1876, par M. le Dr Th. Studer...	72
Sur une trombe d'eau ascendante, phénomènes très remarquables qu'elle présente, par M. D. Colladon.....	97
L'origine de l'asphalte, du bitume et du pétrole, par M. le Dr A. Jaccard (suite et fin), (avec planche I). ....	106
ARCHIVES, t. XXIV. — Décembre 1890.	47



	Pages
Recherches sur les huiles pour rouge turc, par M. <i>Paul Juillard</i> .....	134
Recherches sur l'influence de la sensibilité générale sur quelques fonctions de l'organisme, par M <sup>lle</sup> <i>Catherine Schipiloff</i> .....	149
Idem (suite). ....	266
Étude expérimentale sur le mouvement curieux des ovoïdes et des ellipsoïdes, par M. <i>Félix Le-</i> <i>conte</i> (avec planche II).....	176
Résumé météorologique de l'année 1889 pour Genève et le Grand-Saint-Bernard, par M. A. <i>Kammernann</i> , astronome à l'Observatoire de Genève. ....	201
Conséquences qui résultent pour la succession des ondes du déplacement d'un corps sonore ou d'un corps lumineux, par M. <i>Ch. Dufour</i> , pro- fesseur à Morges. ....	242
Sur les hydrures de fluorène, par M. <i>Philippe-A.</i> <i>Guye</i> .....	256
Composition de la serpentine du Geisspfad (vallée de Binn), par MM. <i>L. Duparc</i> et <i>P. Piccinelli</i> ..	260
Notice sur la vie et les travaux de J.-L. Soret, par M. <i>Albert Rilliet</i> . ....	305
Expérience de démonstration sur la capacité in- ductive spécifique, par M. <i>Ch.-Ed. Guillaume</i> ..	347
Sur la mesure des tensions des vapeurs par les méthodes statique et dynamique, par M. <i>Georges-</i> <i>W.-A. Kahlbaum</i> .....	351
L'œil primitif des Vertébrés, par M. <i>E. Béraneck</i> (avec planche III).....	361
Soixante-treizième session de la Société helvétique	

des sciences naturelles, réunie à Davos les 18,  
19 et 20 août 1890. . . . . 381

**Physique et Chimie.** — C. Dufour. Conséquences qui résultent pour la succession des ondes du déplacement d'un corps sonore ou d'un corps lumineux. — Schumacher-Kopp. Cas intéressants de chimie légale. — E. Sarasin et L. de la Rive. Ondes stationnaires électriques dans l'air. — P. Dubois. Action physiologique des bobines d'induction. — H. Dufour. Hygromètre à condensation. — H. Dufour. Cause de l'arrêt d'un bloc de cuivre tournant entre les deux pôles d'un électro-aimant. — F. Im Hof. Station météorologique de Davos. — A. Riggenbach. Photographies de nuages. — G. Kahlbaum. Mesure de la tension des vapeurs par les méthodes statique et dynamique. . . . . 383

**Géologie.** — Brückner. Climat de l'époque glaciaire. — Penck. Double pli glaronais. — Roland Bonaparte. Écoulement récent du lac de Mærjelen. — F. A. Forel. Carte hydrographique du lac Léman. — A. Delebeque. Sondages du lac d'Annecy. — Gräff. Porphyres du massif du Mont-Blanc. — A. Baltzer, Schmidt, E. Renavier. Observations sur cette communication. — Baltzer et Jenny. Carte géologique des environs de Berne. — Baltzer. Limites des anciens glaciers du Rhône et de l'Aar. — Mayer-Eymar. Faune du Lœdarien d'Appenzell. . . . . 391

**Idem (suite et fin).** . . . . 485

**Botanique.** — Séance de la Société de botanique suisse. — D<sup>r</sup> Fröh. Étude de la tourbe. — Prof. Tschirch. Contribution à l'anatomie et à la physiologie des graines. — D<sup>r</sup> Fischer. La *Trichocoma paradoxa*. — Prof. Chodat. Systématique des Kramériacées. — Prof. Chodat. Production d'amidon dans les pseudobulbes de *Calanthe Sieboldii*. — Prof. Chodat. Malpighiacées du Paraguay. — Schinz. Synonymie du *Potamogeton javanicum*. — Prof. Wolf. Stations botaniques valaisannes à Zermatt et au Grand Saint-Bernard. — D<sup>r</sup> Amann. Mousses nouvelles de Davos. — D<sup>r</sup> Amann. Emploi de la lumière polarisée pour l'étude des Muscinées. — Micheli. Fertilité des fleurs de *Montbretia crocosmiflora*. — Micheli. Dépôt de fascicules de la Flore du Paraguay. — Bruhin. Exsiccata tératologiques. . . . . 485

**Zoologie.** — Prof. Béranek. L'œil primitif des Vertébrés. — D<sup>r</sup> V. Fatio. Sur un cas de demi-albinisme de *Tetras tetrix*. — D<sup>r</sup> V. Fatio. Un nouveau Cheiroptère suisse; une variété de *Bartavelle*; un *Tétraz* de l'Entlebuch; les Poissons de la Suisse. — H. Fischer-Sigwart. Notes sur quelques animaux rares de la région de Zofingen. — O.-E. Imhof. Études de quelques représentants des faunes pélagiques des bassins d'eau douce. — F. Dawatz. *Mus poschiavinus*. — F. Urech. Sur l'ontogénie des insectes. — Hans Nagel. Crâne monstrueux de marmotte. . . . . 509

**Médecine.** — D<sup>r</sup> Carl Spengler. Traitement chirurgical et climatique de la phthisie pulmonaire. — D<sup>r</sup> Alfred Sokolowski. Remarques sur la connexion qui existe entre la diathèse arthritique et la tuberculose pulmonaire. — D<sup>r</sup> Volland. De la tuberculose par inhalation. . . . . 527

Des mouvements périodiques du sol accusés par

	Pages
des niveaux à bulle d'air, par M. Ph. <i>Plantamour</i> (avec planche IV).....	441
Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration humaine, par M. le Dr <i>William Marcet</i> (avec les planches V, VI et VII).....	446
Recherches sur l'action physiologique des courants et décharges électriques, par M. le Dr <i>Dubois</i> ..	467
Compte rendu de l'excursion de la Société botanique suisse (20-23 août 1890) .....	539
L'eau dans le paysage. Deuxième partie : cours et chutes d'eau, par M. J. <i>Piccard</i> (avec planches VIII, IX et X). .....	561
Observations sur la veine liquide et les constantes capillaires (avec planche VIII), par M. J. <i>Piccard</i> .	579
Remarques sur la théorie de la polarisation rotatoire naturelle (deuxième note), par M. Ch. <i>Soret</i> .....	591
Sur la phénanthridine, par MM. <i>Amé Pictet</i> et H.-J. <i>Ankersmit</i> .....	598
Recherches sur l'action physiologique des courants et décharges électriques, par M. le Dr <i>Dubois</i> ..	607
La chlorophylle dans le règne animal, par M. E. <i>Penard</i> .....	639
Expérience fondamentale sur la capacité inductive spécifique, par M. le Dr <i>Robert Weber</i> .....	649

## BULLETIN SCIENTIFIQUE

## PHYSIQUE.

	Pages.
<i>Jules Girard.</i> Recherches sur les tremblements de terre.....	79
<i>Otto Wiener.</i> Ondes stationnaires lumineuses et direction de la vibration de la lumière polarisée.....	187
<i>H. Rubens</i> et <i>R. Ritter.</i> De l'action que les réseaux de fils conducteurs exercent sur les ondulations électriques.....	190
<i>R. Ritter.</i> Remarques sur les expériences de <i>M. Hertz</i> relatives aux rayons de force électrique.....	191
<i>L. Boltzmann.</i> Sur les expériences de <i>M. Hertz</i> .....	191
<i>H. Poincaré.</i> Contribution à la théorie des expériences de <i>M. Hertz</i> .....	285
<i>L. de la Rive.</i> Remarque sur la note de <i>M. Poincaré</i> relative à la théorie des expériences de <i>M. Hertz</i> .....	288
Rectification d'une remarque sur la note de <i>M. Poincaré</i> relative aux oscillations électriques.....	417
<i>K. Waitz.</i> Sur les longueurs d'onde des ondulations électriques.....	651

## CHIMIE.

<i>R. Nietzki</i> et <i>B. Pollini.</i> Acides sulfoniques des nitrotoluidines.....	79
-------------------------------------------------------------------------------------	----

	Pages
<i>H. Goldschmidt.</i> et <i>Alois Meissler.</i> Essais pour établir la constitution des combinaisons tautoères.	80
<i>Otto Kym.</i> Chlorures d'urées de la série aromatique...	81
<i>Heinrich Goldschmidt</i> et <i>Yngve Rosell.</i> — Recherches sur les combinaisons oxyazoïques et amidoazoïques.....	290
<i>M. Nencki.</i> Combinaisons des acides gras volatils avec les phénols.....	292
<i>G. Lunge</i> et <i>M. Isler.</i> Poids spécifique de l'acide sulfurique de différente concentration.....	292
<i>R. Nietzki</i> et <i>H. Mæckler.</i> Matières colorantes de la résorcine et de l'orcine.....	293
<i>C. Schall.</i> Densité de vapeur sous pression réduite..	418
<i>A. de Planta.</i> Substances azotées des racines de <i>Stachys tuberosa</i> .....	418
<i>A. de Planta</i> et <i>E. Schulze.</i> Sur un nouvel hydrate de carbone cristallisable.....	418
<i>R. Nietzki</i> et <i>F. Reichberg.</i> Éthers de la diamidohydroquinone et de la dioxyquinone.....	419
<i>Ed. Schær.</i> Recherches de chimie médicale, observations microscopiques.....	420
<i>C. Schall</i> et <i>Chr. Dralle.</i> Brasiline.....	420
<i>Otto Kym.</i> $\beta$ tétranaphtylurée.....	421
<i>R. Zaloziecki.</i> Nouvelle méthode d'analyse des ferrocyanures.....	421
<i>G. Lunge.</i> Réduction de l'acide sulfurique nitrosé par le coke.....	421
<i>A. Hantzsch.</i> Cyanacétone.....	422
<i>A. Hantzsch.</i> Nouveau procédé pour obtenir des dérivés du pyrrol.....	422
<i>A. Hantzsch.</i> Diazothiazols et leurs dérivés.....	348
<i>A. Hantzsch.</i> Ouverture de la chaîne fermée du pentaméthylène.....	518
<i>R. Nietzki</i> et <i>Otto Ernst.</i> Dérivés de la diphenylamine et de la phénazine.....	349
<i>Franz Feist.</i> Acide déhydracétique.....	654
<i>Walter H. Ince.</i> Action des amines sur les dicétopentaméthylènes.....	656

## Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

	Pages
<i>Séance du 7 mai 1890.</i> — Bugnion, prof. Développement post-embryonnaire de l' <i>Encyrtus fuscicollis</i> . — F.-A. Forel. Notes de voyage.....	82
<i>Séance du 21 mai.</i> — D <sup>r</sup> Bertschinger. Tableau de la distribution des nouveaux genres d'ammonites. — Jean Cruchet. Observations sur les tabanides.....	83
<i>Séance du 4 juin.</i> — E. Chnard, prof. Contribution à l'étude des espèces minérales de formation contemporaine. — Henri Dufour, prof. Rotation d'une masse conductrice dans un champ magnétique. — Bieler. Pelage des animaux. — F.-A. Forel, prof. Glaciers des Alpes en 1889.....	84
<i>Séance du 18 juin 1890.</i> — De Loës. Reboisement de la plaine du Rhône. — F.-A. Forel. Éboulement du Tauredunum. — Bieler. Particularités du hériçon .....	294
<i>Séance du 2 juillet 1890.</i> — F.-A. Forel. Microbes pathogènes de l'eau du lac Léman .....	550
<i>Séance du 5 novembre.</i> — M. Bieler. Influence de la nourriture sur la coloration des papillons. — F.-A. Forel. Rectification au sujet de la théorie sur la formation des lies .....	551
<i>Séance du 8 décembre 1890.</i> — E. Renevier, prof. Présentation d'une grande plaque succinifère des Allinges. — E. Renevier, prof. Envahissement de la mer éocène aux Diablerets. — F.-A. Forel, prof. Seiches du 20 août 1890 .....	657

## Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

<i>Séance du 3 juillet 1890.</i> — Dan. Colladon. Trombe d'eau ascendante. — V. Fatio. Présentation du volume de M. Th. Studer sur le voyage d'exploration de la « Gazelle » 1874-76. — A. Wartmann. Coup de foudre.....	423
<i>Séance du 7 août.</i> — Président. Mort d'Alphonse Favre. — Paul Juillard. Huiles pour rouge turo. — L. Duparc et P. Piccinalli. Nouvelle étude sur la serpentine du Geisspfad, vallée de Binn. — R. Chodat. Présence et formes de l'hématoxyline dans Hématoxylon campechianum .....	424
<i>Séance du 4 septembre.</i> — Ch.-Eug. Guye. Conditions de sensibilité des bolomètres. — C. de Candolle. Inflorescences épiphyllées. — Phil. Guye. Relations entre la dissymétrie de la molécule et le pouvoir rotatoire des composés actifs du carbone. — D <sup>r</sup> Hipp. Gosse. Observations sur les orages.....	425
<i>Séance du 2 octobre.</i> — W. Marcet. Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration humaine. — M. Micheli. Cas de fructification clandestine d'une Malvacée. — Eug. Penard. Chlo-	

	Pages
rophyllé chez les animaux. — L. Duparc. Protogyne des Alpes et de la Savoie. — E. Sarasin. Observation du spectre du Brocken et du cercle d'Ulloa. — E. Sarasin. Glissement de pierres sur les pentes des montagnes. — E. Sarasin. Recul du glacier d'Aletsch.	427
<i>Séance pour la célébration du Centenaire de la Société, tenue le 28 octobre 1890, dans la grande salle de l'Athènes.</i> — Président. Allocution d'introduction. — Secrétaire. Lectures de lettres et adresses. — Aug. Wartmann. Coup d'œil rétrospectif sur le premier siècle d'existence de la Société. — L. Duparc. Idées d'H.-B. de Saussure en géologie. — R. Chodat. Progrès de la botanique à Genève pendant le premier siècle d'existence de la Société. — L. de la Rive. Pierre Prevost et ses recherches sur la chaleur rayonnante. — F.-A. Forel. Le problème de la thermique de la Méditerranée.	660
<i>Séance du 6 novembre.</i> — M. Schiff. Sur le rôle des canaux semicirculaires de l'oreille. — A. Delebecque. Carte hydrographique du lac de Genève. — Delebecque. Carte hydrographique du lac d'Anneey. — Chodat et Iwanowska. Hybrides de <i>Montbretia Pottii</i> et de <i>Crocus aurea</i> .	663
<i>Séance du 20 novembre.</i> — Ph. Plantamour. Mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. — Amé Pictet et H.-J. Ankersmit. Sur la phénanthridine. — C. Soret. Considérations théoriques sur la polarisation rotatoire naturelle. — L. Duparc. Composition de quelques roches du Valais. — E. Sarasin. Phénomène de végétation. — Sarasin. Analyse de divers travaux.	667
<i>Séance du 4 décembre.</i> — Ch.-Eng. Guye. Conditions de sensibilité des bolomètres. — L. Duparc. Classification des roches éruptives. — Wartmann. Phénomène curieux de végétation. — De Hansen. Forces électromotrices au contact d'un liquide avec les diverses faces d'un cristal. — R. Chodat. Structure intime des chloroplastes de <i>Calanthe Sieboldii</i> .	669

## OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de juin 1890.	89
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de juillet.	193
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois d'août.	297
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de septembre.	433
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois d'octobre.	553
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de novembre.	673

# TABLE DES AUTEURS

POUR LES

## ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1896, Tomes XXIII et XXIV (Troisième période).

### A

*Amann.* Mousses de Davos, XXIV, 501. — Sur l'emploi de la lumière polarisée pour l'étude des Muscinées, XXIV, 502.

*Ankersmit, H.-J.* Voyez *Pictet*.

*Asp, O.* Étude mathématique des diaclasses par torsion, XXIII, 359.

*Asper et Heuscher.* Lacs de montagne, XXIII, 303.

### B

*Bachmetjew, P.* Sons produits par l'aimantation intermittente des métaux magnétiques, XXIII, 342.

*Bader, E.* Voyez *Levy*.

*Bæff.* Voyez *Duparc*.

*Baltzer, A.* Protogyne, XXIV, 406. — Limites des anciens glaciers du Rhône et de l'Aar, XXIV, 409.

*Baltzer et Jenny.* Carte géologique des environs de Berne, XXIV, 407.

*Béguin, W.* Voyez *Pictet*.

*Béraneck, E.* L'œil primitif des Vertébrés, XXIV, 361.

*Berchem, P. van.* Sur l'état d'équilibre que prend, au point de vue de sa concentration, une dissolution gazeuse primitivement homogène dont deux parties sont portées à des températures différentes, XXIII, 70.

*Bertoni, Jacques.* Deux nouveaux éthers nitriques butyliques, XXIII, 423.

*Bertrand, Marcel.* Éloge de Ch. Lory, XXIII, 335. — Lambeaux de recouvrements, XXIII, 296.

*Bertschinger.* Distribution des nouveaux genres d'ammonites. XXIV, 83. — Analyse de divers travaux, XXIII, 344.

*Berwerth.* Idocrase du Piz Longhin, XXIII, 287.

*Bieler.* Variation de teinte du manteau des animaux domestiques, XXIV, 86. — Particularités du hérisson, XXIV, 296. — Influence de la nourriture sur la coloration des papillons. XXIV, 531.



*Bischler, Aug.* Orthonitrophénylhydrazine, XXIII, 343.

*Bischler, Aug.* et *S. Brodsky.* Sur la m. nitro et p. brome, o. nitrophénylhydrazine, XXIII, 456.

*Blonay, de.* Méthode forestière, XXIII, 84.

*Böhm.* Division des Alpes orientales, XXIII, 247.

*Boltzmann, L.* Sur les expériences de M. Hertz, XXIV, 191.

*Bonaparte, Roland.* Récent écoulement du lac de Märjelen, XXIV, 401.

*Bonney.* Profils à travers les Alpes, XXIII, 239, 248.

*Brodsky, S.* Voyez *Bischler.*

*Brückner, Ed.* Climat de l'époque glaciaire, XXIV, 391.

*Bruhin, P.* Exsiccata tétatologiques, XXIV, 208.

*Brunner, H.* Synthèse des dichroïnes, XXIII, 91. — Guide pour l'analyse chimique qualitative, XXIII, 179. — Détermination de la qualité des ardoises, XXIII, 292.

*Bugnion, E.* Développement post-embryonnaire de l'*Encyrtus fuscicollis*, XXIV, 82.

*Bussat, Paul.* Formation d'une veine liquide dans un liquide, XXIII, 463.

## C

*Candolle, A. de.* Analyse de divers travaux, XXIII, 97, 182.

*Candolle, C. de.* Sur les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique dans la carycinèse, XXIII, 357. — Inflorescences épiphylls, XXIV, 425.

*Carer, L.* Lambeaux de recouvrement, XXIII, 298.

*Chatelain.* Grotte de Reclère, XXIII, 304.

*Chavanne, S.* Éboulement du Tauradunum, XXIII, 453.

*Chodat, R.* Délimitation des gen-

res dans la famille des Polygalacées, XXIII, 98. — Transformation des grains de chlorophylle en leucites amylogènes, XXIII, 550. — Étude du bois de campêche, XXIV, 424. — Systématique des Kramériacées, XXIV, 495. — Malpighiacées du Paraguay, XXIV, 499. — Développement de la botanique à Genève, XXIV, 661. — Structure intime des chloroplastes de *Calanthe Sieboldii*, XXIV, 671.

*Chodat et Iwanowska.* Hybrides de *Montbretia Potsii* et de *Crocasmia aurea*, XXIV, 665.

*Chuard, E.* Analyse des phosphorites de Bessarabie, XXIII, 347. — Formation des carbonates de cuivre basiques, XXIII, 550. — Formations minérales à la surface des bronzes lacustres, XXIV, 84.

*Colladon, Daniel.* Sur une trombe d'eau ascendante, XXIV, 97.

*Constantin.* Éboulement du Tauradunum, XXIII, 454.

*Cruchet, Jean.* La famille des tabanides, XXIV, 83. — Craie lacustre et alluvions à Paillly, près Lausanne, XXIII, 450.

*Culmann C. et K. Gasiorowsky.* Action des sels d'étain sur les sels des combinaisons diazoïques des carbures d'hydrogène, XXIII, 82.

*Curchod, A.* Voyez *Græbe.*

## D

*Davatz.* Mus poschiavinus, XXIV, 525.

*Delafond.* Alluvions des environs de Lyon, XXIII, 444.

*De la Harpe, Ch.* Voyez *Reverdin.*

*De la Rive, Lucien.* Théorie des interférences de l'onde électrique propagée dans un fil conducteur et du résonateur, XXIII, 391, 547. — Notice sur Pierre Prevost, XXIV, 662. — Ana-

- lyse de divers travaux, XXIII, 404, 402; XXIV, 288, 417.
- Delebecque, A.* Sondages du lac d'Annecy, XXIV, 403. — Carte hydrographique du lac Léman, XXIV, 663.
- Despeignes, Voyez Lortet.*
- D'Espine, A. et E. de Marignac.* Sur le bacille diptéritique, XXIII, 186.
- Diener, C.* Géologie du S.-O. des Grisons, XXIII, 246.
- Dietze, Aug.* Voyez *Nietzki.*
- Dralle, Chr.* Voyez *Schall.*
- Dubois, Dr. P.* Recherches sur l'action physiologique des courants et décharges électriques, XXIV, 384, 467, 607.
- Dufour, Ch.* Augmentation de la masse de la terre par la chute des matières météoritiques, XXIII, 87. — Conséquences pour la succession des ondes du déplacement d'un corps sonore ou d'un corps lumineux, XXIV, 242.
- Dufour, Henri.* Analyse spectrale de liquides colorés, XXIII, 84. — Rotation d'une masse conductrice dans un champ magnétique, XXIV, 85, 387.
- Dunér, N.-C.* Sur la rotation du soleil, XXIII, 541.
- Duparc, L.* Calcaires portlandiens des environs de St Imier, XXIII, 293, 323. — Protogyne des Alpes de la Savoie, XXIV, 430. — Idées de H.-B. de Saussure en géologie, XXIV, 661. — Composition chimique de diverses roches, XXIV, 667. — Analyse de divers travaux, XXIV, 670.
- Duparc, L. et Bæff.* Procédé rapide pour déterminer le degré d'opacité des eaux, XXIII, 101. — Le régime de l'Arve, XXIII, 363.
- Duparc, L. et Hyp. Gosse.* Le sidérolitique du Salève, XXIII, 188, 348.
- Duparc, L. et Al. LeRoyer.* Expé-
- riences sur les diaclasses, XXIII, 294. — Notices cristallographiques, XXIII, 496.
- Duparc, L. et Piccinelli.* Serpentine du Geisspfadsee, XXIII, 351; XXIV, 260.
- Duparc, L. et J. Radian.* Composition de quelques schistes ardoisiers du Valais et de la Savoie, XXIII, 166.

## E

*Erlich, S.* Voyez *Pictet.*

*Ernst, Otto.* Voyez *Nietzki.*

*Errera.* Sur ce que les aimants sont sans action sur la caryocinèse, XXIII, 357.

*Ettinghausen, von et Krazan.* Sur l'atavisme des plantes, XXIII, 76.

## F

*Falsan.* La période glaciaire, XXIII, 440.

*Fatio, V.* Volume V de la Faune suisse, XXIII, 563. — Un nouveau Cheiroptère suisse, XXIV, 509. — Une variété de Barta-velle, XXIV, 512. — Le Tétrast de l'Entlebuch, XXIV, 514. — Poissons de la Suisse, XXIV, 515. — Souris noires dans le Münsterthal, XXIV, 525. — Analyse de divers travaux, XXIV, 72.

*Favre, Ernest et Hans Schardt.* Revue géologique suisse pour l'année 1889, XXIII, 233, 283, 430.

*Fayod, Victor.* Monographie de la famille des Agaricinées, XXIII, 276.

*Feist, Franz.* Acide déhydracétique, XXIV, 654.

*Fellenberg, E. de.* Granit et porphyre de Gasteren, XXIII, 285.

*Finkelstein.* Zone à Amm. Opalinus du Tyrol, XXIII, 315.

*Fischer, Ed.* La trichocoma paradoxica, XXIV, 494.

- Fischer - Sigwart.* Quelques espèces animales rares des environs de Zofingue, XXIV, 320.
- Flournoy, Th.* L'audition colorée, XXIII, 352.
- Forel, F.-A.* Thermométrie des lacs, XXIII, 85. — Genèse du lac Léman, XXIII, 184, 302, 463. — Couleurs des lacs, XXIII, 271. — Mirages d'hiver des lacs, XXIII, 272. — Origines des lacs, XXIII, 275. — Capacité du lac Léman, XXIII, 298. — Variations des glaciers, XXIII, 455. — Pierres de la moraine d'Yvoire, XXIII, 462. — Lacs des monts Albains, XXIV, 82. — Etat des glaciers des Alpes, XXIV, 87. — Eboulement du Tauredunum, XXIV, 295. — Carte hydrographique du lac Léman, XXIV, 401. — Recherches sur les microbes pathogènes des eaux potables, XXIV, 550. — Rectification au sujet de la théorie sur la formation des lies, XXIV, 552. — Seiches du 20 août 1890, XXIV, 658. — Thermique de la Méditerranée, XXIV, 662. — Analyse de divers travaux, XXIV, 550.
- Früh, J.* Rhinocéros de la molasse d'Appenzell, XXIII, 438. — Etude de la tourbe, XXIV, 486.
- G
- Gasiarowsky, J.* Voyez *Culmann*.
- Gautier, Emile.* Notice nécrologique sur L. Respighi, XXIII, 98. — Tracés d'anémomètre enregistreur, XXIII, 562. — Analyse de divers travaux, XXIII, 335.
- Gautier, Raoul.* Installation d'un anémomètre à l'observatoire de Genève, XXIII, 103. — Analyse de divers travaux, XXIII, 265, 349, 541, 542.
- Gilliéron.* Carte géologique de la Suisse, XXIII, 238. — Sondage de sel gemme, XXIII, 312.
- Girard, H.* Du rôle du cerveau dans l'acte respiratoire, XXIII, 354.
- Girard, Jules.* Tremblements de terre, XXIV, 79.
- Goldschmidt, H.* Sur les oximes, XXIII, 545.
- Goldschmidt, H. et Alois Meissler.* Constitution des combinaisons tautomères, XXIV, 80.
- Goldschmidt, H. et Yngve Rosell.* Combinaisons oxyazoïques et amidoazoïques, XXIV, 290.
- Golliez et Lugeon.* Tortues de l'étage langhien, XXIII, 437.
- Gorgerat, Sigismond.* Phosphorites de Bessarabie, XXIII, 345.
- Gosse, Hip.* Observations sur les orages, XXIV, 426.
- Gosse H. et L. Duparc.* Sidérolitique du Salève, XXIII, 348.
- Græbe, C. et A. Curchod.* Acides benzylorthocarboniques, XXIII, 554.
- Græbe, C. et O. Schulthess.* Thioxanthone, XXIII, 95.
- Græbe, C. et L.-W. Weltner.* Préparation et réactions du bromanile, XXIII, 94.
- Græff.* Minéraux du grès bigarré de Waldshut, XXIII, 289. — Recherches sur les roches porphyriques, XXIV, 404.
- Grossouvre, A. de.* Origine du terrain sidérolitique, XXIII, 290.
- Guillaume, Ch. Ed.* Théorie des dissolutions, XXIII, 410. — Expérience de démonstration de la capacité inductive spécifique, XXIV, 347.
- Guillemin.* Influence des poussières cosmiques sur la surface du sol, XXIII, 86.
- Guinand.* Incision annulaire de la vigne, XXIII, 273.
- Gumbel.* Vésuvienne du Piz Longhin, XXIII, 287. — Tremblement de terre de Neuburg, XXIII, 300.
- Guye, Ch.-Eug.* Sur les conditions

de sensibilité des bolomètres, XXIV, 425, 669.

**Guye, Ph.** Chimie moléculaire, XXIII, 183. — A propos de la constante *b* de l'équation de M. van der Waals, XXIII, 197. — Le coefficient critique et la constitution moléculaire des corps au point critique, XXIII, 204. — Sur les hydrures de fluorène, XXIV, 256. — Relations entre la dissymétrie de la molécule et le pouvoir rotatoire des composés actifs du carbone, XXIV, 426.

## H

**Haas, Hip.** Brachiopodes du Jura, XXIII, 317.

**Hafner, Richard.** Action du brome sur la paratoluidine en présence d'acide sulfurique concentré, XXIII, 460.

**Hagenbach-Bischoff.** Tremblement de terre à Bâle et Cherbourg, XXIII, 300. — Le grain du glacier, XXIII, 373.

**Hang.** Terrain houiller des chaînes subalpines entre Digne et Gap, XXIII, 310. — Lias et jurassique de ces chaînes, XXIII, 314.

**Hansen, Dr, de.** Force électromotrice au contact d'un liquide avec les diverses faces d'un cristal, XXIV, 670.

**Hantzsch, A.** Transformation des dérivés du pentaméthylène en dérivés du benzol, de la pyridine et du thiophène, XXIII, 269. — Produits de décomposition de l'acide chloranisque, XXIII, 457. — Cyanacétone, XXIV, 422. — Nouveau procédé pour obtenir des dérivés du pyrrol, XXIV, 422. — Diazothiazols et leurs dérivés, XXIV, 548. — Ouverture de la chaîne fermée du pentaméthylène, XXIV, 548,

**Heim. A.,** Géologie du groupe Ca-

landa - Ringelspitz - Graue-Hörner, XXIII, 244.

**Hertz, H.** Equations fondamentales de l'électrodynamique pour les corps en repos, XXIV, 5.

**Herzen, Alex.** De la prédisposition à la putréfaction et aux infections, XXIII, 186.

**Heumann, K. et H. Rey.** Matières colorantes du groupe des benzéines, XXIII, 460.

**Heuscher.** Voyez *Asper*.

**Hoffmann, C.** Acides hydroxamiques de la série grasse, XXIII, 456.

**Hollande.** Biographie de Lory, XXIII, 235. — Alpes de la Savoie, XXIII, 240. — Crétacé des Alpes de Savoie, XXIII, 319, 321. — Tertiaire des Alpes de Savoie, XXIII, 430.

## I

**Im Hof, F.** Station météorologique de Davos, XXIV, 387.

**Imhof, Dr O.-E.** Quelques représentants de la faune pélagique des bassins d'eau douce, XXIV, 522.

**Ince, Walter, H.** Action des amines sur les dicétopentaméthylènes, XXIV, 656.

**Isler, M.** Voyez *Lunge*.

## J

**Jaccard.** Pycnodonte du Jura neuchâtelois, XXIII, 317. — Vertébrés de l'œningien du Locle, XXIII, 437. — Origine de l'asphalte, du bitume et du pétrole, XXIII, 504; XXIV, 106.

**Jenny.** Löss et terrains analogues, XXIII, 445. — Voyez *Baltzer*.

**Juillard, Paul.** Détermination du poids moléculaire au moyen du phénol, XXIV, 67. — Huiles pour rouge turc, XXIV, 134.

## K

*Kahlbaum, Georges.* Sur la mesure des tensions des vapeurs par les méthodes statique et dynamique, XXIV, 351.

*Kammermann, A.* Résumé météorologique de l'année 1889 pour Genève et le Grand St-Bernard, XXIV, 204.

*Killias.* Vésuvienne du Piz Longhin, XXIII, 287.

*Koby.* Polypiers jurassiques, XXIII, 313.

*Krazan.* Voyez *Ettinghausen*.

*Kym, Otto.* Chlorures d'urées de la série aromatique, XXIV, 81. — Laβtétranaphtylurée, XXIV, 421.

## L

*Leconte, F.* Nouvel appareil pour montrer les variations de la tension superficielle des liquides, XXIII, 419. — Mouvement des ovoïdes et des ellipsoïdes, XXIV, 176.

*Le Royer.* Voyez *Duparc*.

*Leuze.* Spath calcaire des schistes grisons, XXIII, 288. — Minéraux et pseudomorphoses du Rosenegg, XXIII, 288.

*Lévy, S. et E. Bader.* Action de l'ammoniaque sur le tétrachlorodiacétyle, XXIII, 93.

*Loës, de.* Reboisement de la plaine du Rhône, XXIV, 294.

*Loriot, P. de.* Coralligène inférieur du Jura bernois, XXIII, 318.

*Lortet et Despeignes.* Recherches sur les microbes pathogènes des eaux potables de Lyon, XXIV, 550.

*Lory, Ch.* Massifs cristallins des Alpes occidentales, XXIII, 303.

*Lugeon.* Fossiles miocènes à Lausanne, XXIII, 438. — Voyez *Golliez*.

*Lullin, Th.* Mouvements qui se produisent dans l'étalement d'une goutte d'eau, XXIII, 362.

*Lunge, G.* Améliorations dans la fabrication de l'acide sulfurique, XXIII, 83. — Nouvel appareil pour mesurer les gaz, XXIII, 546. — Réduction de l'acide sulfurique nitrosé par le coke, XXIV, 421.

*Lunge, G. et M. Isler.* Poids spécifiques de l'acide sulfurique de différentes concentrations, XXIV, 292.

## M

*Mæckler, H.* Voyez *Nietzki*.

*Maillard.* Géologie de la Haute-Savoie, XXIII, 242. — Pierre aux Fées, Reignier, XXIII, 454.

*Marcet, William.* Recherches sur les phénomènes chimiques de la respiration humaine, XXIV, 446.

*Marcou.* Géologues et géologie du Jura, XXIII, 249.

*Marignac, E. de.* Voyez *D'Espine*.

*Marschal - Hall.* Excursions dans les Alpes suisses, XXIII, 244. — Roches de la vallée de Saas, XXIII, 286.

*Martel.* Grotte des Causses, XXIII, 304.

*Mayer-Eymar.* Spondyles du Parisien, XXIII, 436. — Faune du Londinien d'Appenzell, XXIV, 411.

*Meissler, Aloïs.* Voyez *Goldschmidt*.

*Meyer, A.-B.* Jadéite du Piz Longhin, XXIII, 286.

*Micheli, Marc.* Cas de fructification clandestine d'une Malvacée, XXIV, 429. — Le Montbretia crocosmiflora, XXIV, 508. — Contribution à la Flore du Paysanay, XXIII, 349; XXIV, 508. — Analyse de divers travaux, XXIII, 362.

*Moore, Ira.* Produit de condensation des Carbodiamides aromatiques avec les orthodiamines, XXIII, 267, 545.

*Mühlberg*. Chaîne du Bötzbberg au Hauenstein, XXIII, 250.

*Müller*. J. Les Lichens, XXIII, 350.

*Müller*, P. Voyez *Nathansohn*.

## N

*Nagel*, H. Dentition accidentelle chez la marmotte, XXIV, 527.

*Nathansohn*, M. et P. *Müller*. Dérivés et réactions de la tétraméthylidiamidobenzophénone, XXIII, 267.

*Nencki*, M. Décomposition de l'albumine par des schizomycètes anaérobies, XXIII, 459. — Combinaisons des acides gras volatils avec les phénols, XXIV, 292.

*Nencki*, M. et A. *Rotschy*. Hématoporphyrine et bilirubine, XXIII, 458.

*Nencki*, M. et N. *Sieber*. Acide paralactique obtenu par la fermentation du sucre de raisin, XXIII, 457.

*Nietzki*, R. Formation d'azines au moyen des diamines et des polyamines, XXIII, 544.

*Nietzki*, R., Aug. *Dietze* et H. *Mæckler*. Matières colorantes de la résorcine de Weselsky, XXIII, 461.

*Nietzki*, R. et Otto *Ernst*. Dérivés de la diphenylamine et de la phénazine, XXIV, 549.

*Nietzki*, R. et H. *Mæckler*. Matières colorantes de la résorcine et de l'orcine, XXIV, 293.

*Nietzki*, R. et B. *Pollini*. Acides sulfoniques des nitrotoluidines, XXIV, 79.

*Nietzki*, R. et F. *Reckberg*. Éthers de la diamidohydroquinone et de la dioxyquinone, XXIV, 449.

*Nietzki*, R. et Fried. *Schmidt*. Dioxyquinone et dérivés, XXIII, 269.

*Nietzki*, R. et Ludwig *Schmidt*. Sur le tétraamidobenzol, XXIII, 178.

## O

*Observatoire de Genève*. Observations météorologiques, XXIII, 105, 188, 277, 365, 469, 565; — XXIV, 89, 193, 297, 433, 553, 673.

*Ornstein*. La dengue, XXIII, 186.

## P

*Parona*. Raiblien de Lombardie, XXIII, 311.

*Payot*, V. Variations du glacier de Chamonix, XXIII, 454.

*Penard*, E. La chlorophylle dans le règne animal, XXIV, 429, 638.

*Penck*. Le double pli glaronais, XXIV, 396.

*Piccard*, J. L'eau dans la nature, II<sup>me</sup> partie : cours et chutes d'eau, XXIV, 561. — La veine liquide et les constantes capillaires, XXIV, 579.

*Piccinelli*. Voyez *Duparc*.

*Pictet*, Amé. Analyse de divers travaux, XXIII, 92, 552.

*Pictet*, Amé et H.-J. *Ankersmit*. La phénanthridine, une nouvelle base de la série pyridique, XXIII, 92; XXIV, 598.

*Pictet*, Amé et W. *Béguin*. Amidodiméthylquinoline, XXIII, 553.

*Pictet*, Amé et S. *Erlich*. Les chrysidines, XXIII, 552.

*Pillet*. Portlandien de Montagnole, près Chambéry, XXIII, 316.

*Planta*, A. de. Substance azotée des racines de *Stachys tuberosa*, XXIV, 448.

*Planta*, A. de et E. *Schulze*. Nouvel hydrate de carbone cristallisable, XXIV, 448.

*Plantamour*, Ph. Observations limnimétriques faites à Sécheron, XXIII, 161. — Mouvements périodiques du sol, accusés par des niveaux à bulle d'air, XXIII, 299; XXIV, 441.

- Poincaré, H.* Contribution à la théorie des expériences de *M. Hertz*, XXIV, 283.  
*Pollini, B.* Voyez *Nietzki*.  
*Portis.* Carbonifère du Val de Suza, XXIII, 310.

## R

- Radian.* Voyez *Duparc*.  
*Rammelsberg.* Vésuvienne du Piz Longhin, XXIII, 286.  
*Rechberg, F.* Voyez *Nietzki*.  
*Renévier, E.* Plissement du globe terrestre par refroidissement, XXIII, 89. — Biographie de Ph. de la Harpe, XXIII, 236. — Forêt silicifiée d'Arizona, XXIII, 345. — Phosphorites de Bessarabie, XXIII, 345. — Disque gypseux de la Veveyse, XXIII, 347. — Discordance renversée, XXIII, 465. — Proctogène, XXIV, 407. — Plaque succinifère, XXIV, 657. — Envahissement de la mer éocène aux Diablerets, XXIV, 658. — Analyse de divers travaux, XXIII, 345.  
*Respighi.* Notice nécrologique sur —, XXIII, 98.  
*Reverdin, Fréd. et Ch. de la Harpe.* Analyse des ardoises, XXIII, 477.  
*Rey, Hermann.* Voyez *Heumann*.  
*Richter.* Glaciers des Alpes orientales, XXIII, 455.  
*Riggenbach, A.* Photographie des nuages, XXIV, 388.  
*Rilliet, Albert.* Notice sur la vie et les travaux de J.-L. Soret, XXIV, 305. — Analyse de divers travaux, XXIII, 104, 349. — Voyez *Soret, J.-L.*  
*Ritter, R.* Sur les expériences de *M. Hertz* sur les rayons de force électrique, XXIV, 191. — Voyez *Rubens*.  
*Rollier.* Pliocène d'eau douce de St-Imier, XXIII, 440.  
*Rosell, Yngve.* Voyez *Goldschmidt*.  
*Rothpletz.* Galets du poudingue miocène, XXIII, 439.

## S

- Sacco.* Ligurien, XXIII, 435. — Pliocène de Valsesia, Piémont, XXIII, 440.  
*Sandberger, F. von.* Coquilles du loess de Bâle, XXIII, 448.  
*Sarasin, Edouard.* Spectre du Brocken et cercle d'Ulloa, XXIV, 431. — Glissement lent des pierres sur les pentes des montagnes, XXIV, 431. — Recul du glacier d'Aletsch, XXIV, 432. — Phénomène curieux de végétation, XXIV, 668. — Analyse de divers travaux, XXIII, 104; XXIV, 187, 190, 191, 651.  
*Sarasin, Ed. et L. de la Rive.* Sur la résonance multiple des onduations électriques de *M. Hertz* se propageant le long de fils conducteurs, XXIII, 113, 349. — Recherches sur les onduations électriques hertziennes dans l'air, XXIII, 557; XXIV, 383.  
*Sayn.* Ammonites de la zone à A. Astieri de Villers-le-Lac, XXIII, 318.  
*Schær, Ed.* Recherches de chimie médicale, XXIV, 420.  
*Schall, C.* Densité de vapeurs sous pression réduite, XXIV, 418.  
*Schall, C. et Chr. Dralle.* Brasiline, XXIV, 420.  
*Schardt, Hans.* Grès molassique, XXIII, 90. — Formations éoliennes observées en Valais, XXIII, 90. — Brèche salifère de Bex, XXIII, 299. — Limon semblable au loess, à Nyon, XXIII, 449. — Craie lacustre, Nyon, XXIII, 451. — Limon crayeux récent à Vallorbes, XXIII, 452. — Formation éolienne dans le Bas-Valais,

- XXIII, 453. — Trituration des bancs de calcaire dolomitique, XXIII, 464. — Voyez *Favre*.
- Schiaparelli, G.-V.* Sur la rotation de la planète Mercure, XXIII, 265. — Rotation de la planète Vénus, XXIII, 542.
- Schiff, M.* Rôle des canaux semi-circulaires de l'oreille, XXIV, 663. — Analyse de divers travaux, XXIII, 562.
- Schinz.* Synonymie du *Potamogeton javanicum*, XXIV, 501.
- Schipiloff, Catherine.* Nouvelles recherches sur les ferments digestifs, XXIII, 256. — Influence de la sensibilité générale sur quelques fonctions de l'organisme, XXIV, 149, 266.
- Schmidt, C.* Géologie des Alpes suisses, XXIII, 238. — Excursions aux environs de Lugano, XXIII, 247. — Soulèvement des Alpes, XXIII, 295. — Roche cristalline des Alpes, métamorphisme, XXIII, 307. — Origine des roches du poudingue tertiaire, XXIII, 439.
- Schmidt, Friedr.* Voyez *Nietzki*.
- Schmidt, Ludw.* Voyez *Nietzki*.
- Schulthess, O.* Voyez *Græbe*.
- Schulze, E.* Sucre de canne dans les germes de plantes étiolées, XXIII, 268. — Voyez *Planta*.
- Schweinfurth, A.* Rapport de flore entre l'Arabie heureuse et l'ancienne Egypte, XXIII, 181.
- Sieber, N.* Voyez *Nencki*.
- Simony.* Groupe du Dachstein, XXIII, 249.
- Société botanique suisse.* Compte rendu de l'excursion de la Société du 20 au 23 août 1890, XXIV, 539.
- Sokolowski, Dr A.* De la connexité qui existe entre la diathèse arthritique et la tuberculose pulmonaire, XXIV, 531.
- Soret, Charles.* Remarques sur la théorie de la polarisation rotatoire naturelle, XXIV, 591. — Analyse de divers travaux, XXIII, 342; XXIV, 79.
- Soret, J.-L.* Notice nécrologique sur —, XXIII, 467. — Notice sur sa vie et ses travaux, XXIV, 305.
- Soret, J.-L. et A. Rilliet.* Absorption des rayons ultra-violet par diverses substances, XXIII, 5.
- Spengler, Dr Carl.* Le traitement chirurgical et climatérique de la phthisie pulmonaire, XXIV, 527.
- Stadler, G.* Conductibilité calorifique absolue de quelques roches, XXIII, 342.
- Steinmann, G.* Éléments de paléontologie, XXIII, 344.
- Studer, Théophile.* Voyage d'exploration de la *Gazelle*, XXIV, 72.
- T**
- Trouton, Fréd.-T.* Sur l'accélération des ondes électromagnétiques secondaires, XXIII, 402.
- Tschirch, A.* Contributions à l'étude physiologique et biologique des graines, XXIV, 490.
- Turrattini, Th.* Note sur la régularisation du lac Léman en 1889, XXIII, 161, 349.
- U**
- Urech, Dr E.* Contribution à l'ontogénie des insectes, XXIV, 526.
- V**
- Volland, Dr.* La tuberculose par inhalation, XXIV, 534.
- W**
- Waitz, K.* Longueurs d'onde des ondulations électriques, XXIV, 651.
- Walkmeister, Chr.* Histoire des



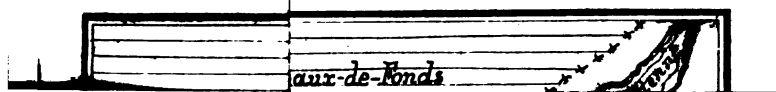
- mines de Glaris et des Grisons, XXIII, 291.
- Ward, M.-F.** Tempête du 27 janvier 1890, à Partenkirchen, en Bavière, XXIII, 463.
- Wartmann, Aug.** Coup d'œil rétrospectif sur le premier siècle d'existence de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, XXIV, 661.  
— Phénomène curieux de végétation, XXIV, 670.
- Weber, Robert.** L'expérience fondamentale sur la capacité inductive spécifique, XXIII, 489; XXIV, 649.
- Weltner, L. - W.** Voyez *Græbe*.
- Wiener, Otto.** Ondes stationnaires lumineuses et direction de la vibration de la lumière polarisée, XXIV, 487.
- Wohrmann.** Trias alpin, XXIII, 341.
- Wolf, Otto.** Stations botaniques alpestres, XXIV, 501.
- Wolf, Rud.** Manuel d'astronomie. XXIII, 335.

## Z

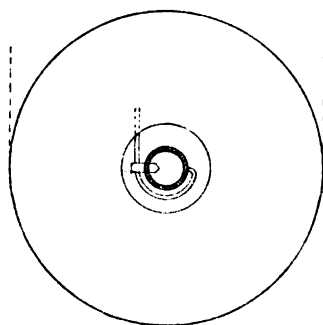
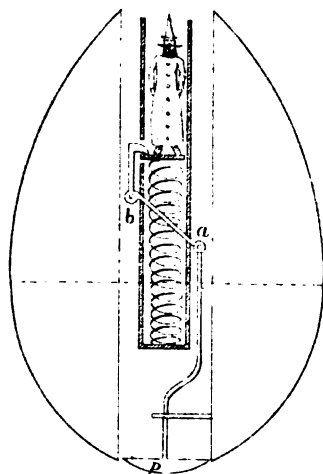
- Zaloziecki, R.** Nouvelle méthode d'analyse des ferrocyanures, XXIV, 421.











15

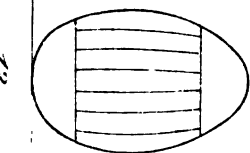
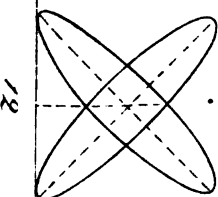
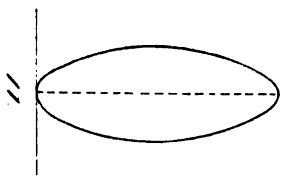
6.

7

8

9

10

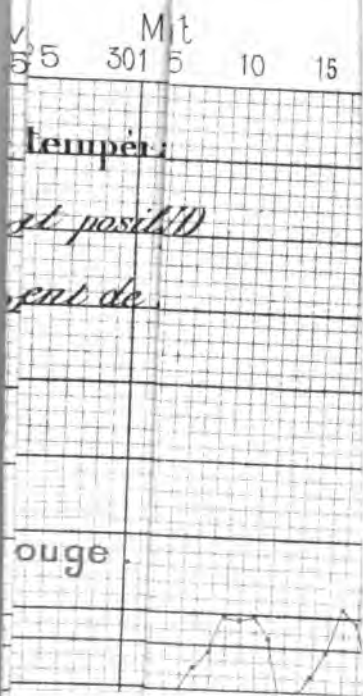








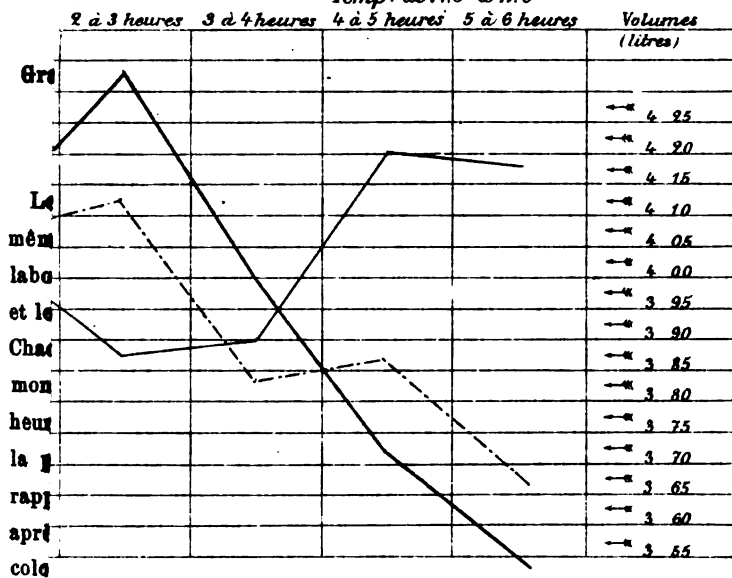






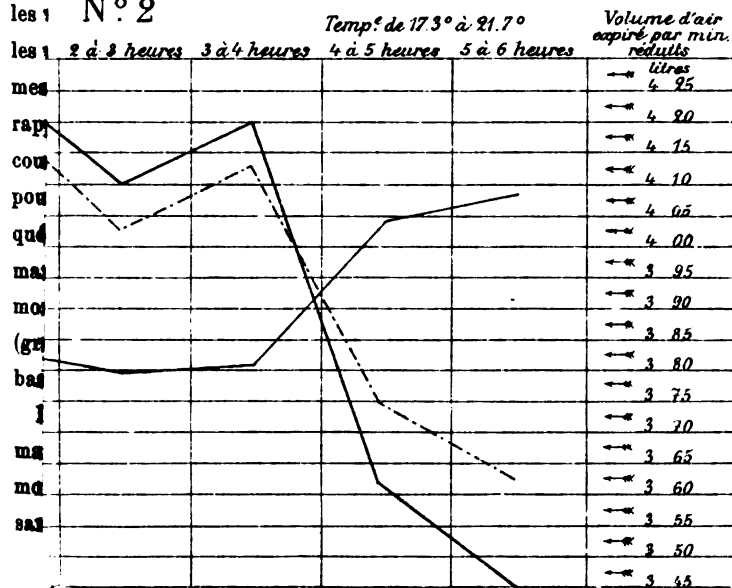
(en expérience)

Temp° de 14.0° à 17.3°



N° 2

Temp° de 17.3° à 21.7°



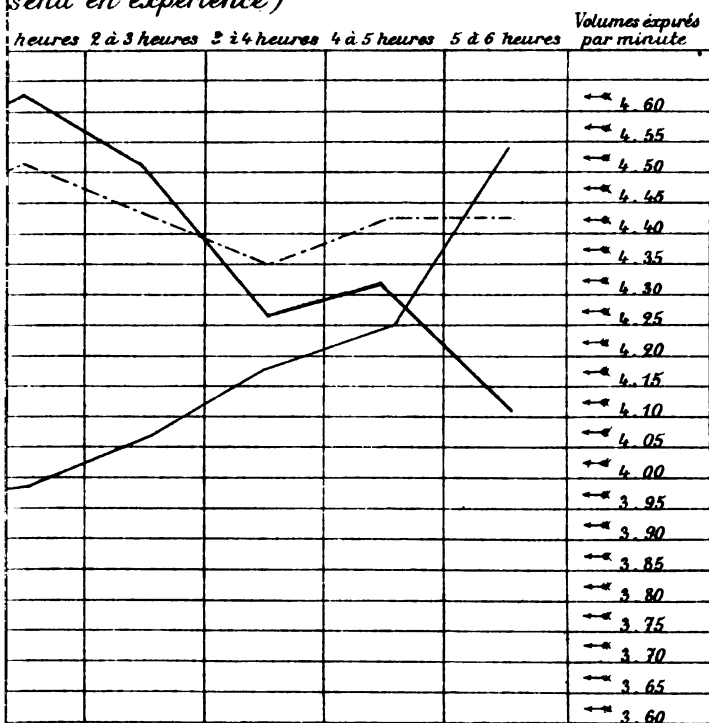
art des « Philosophical Transactions » 1890 )



1890. T. XXIV.

Planche VI

(send en expérience)



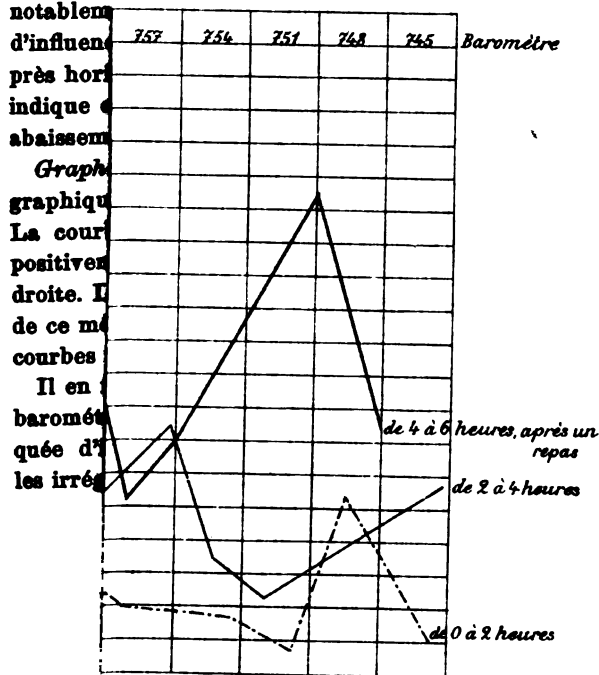
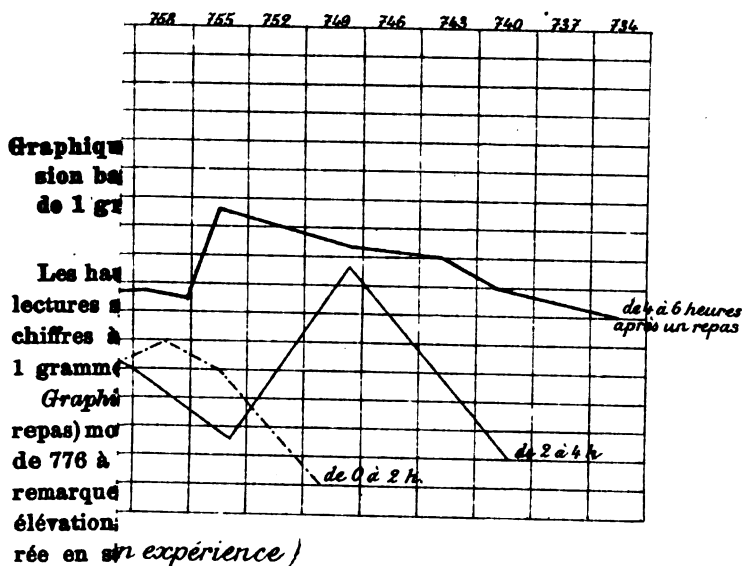
trait des « Philosophical Transactions » 1890)



tembre 1890. T. XXIV.

Planche VII

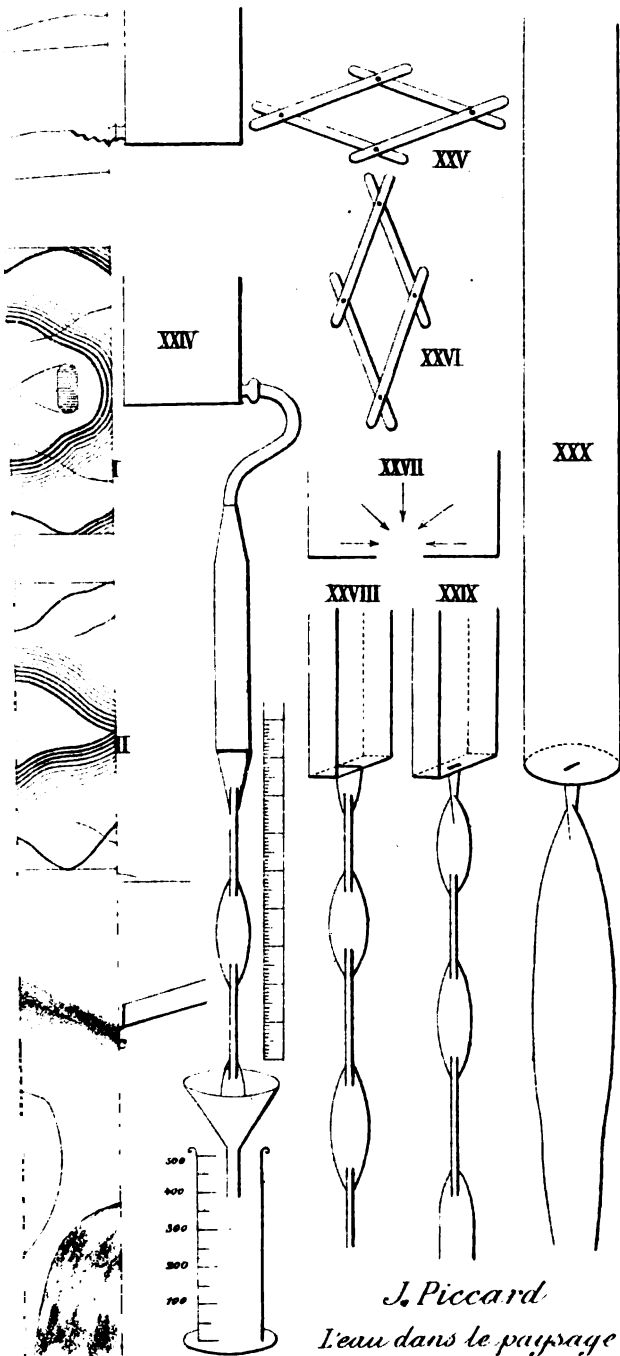
(*Iderwood en expérience*)



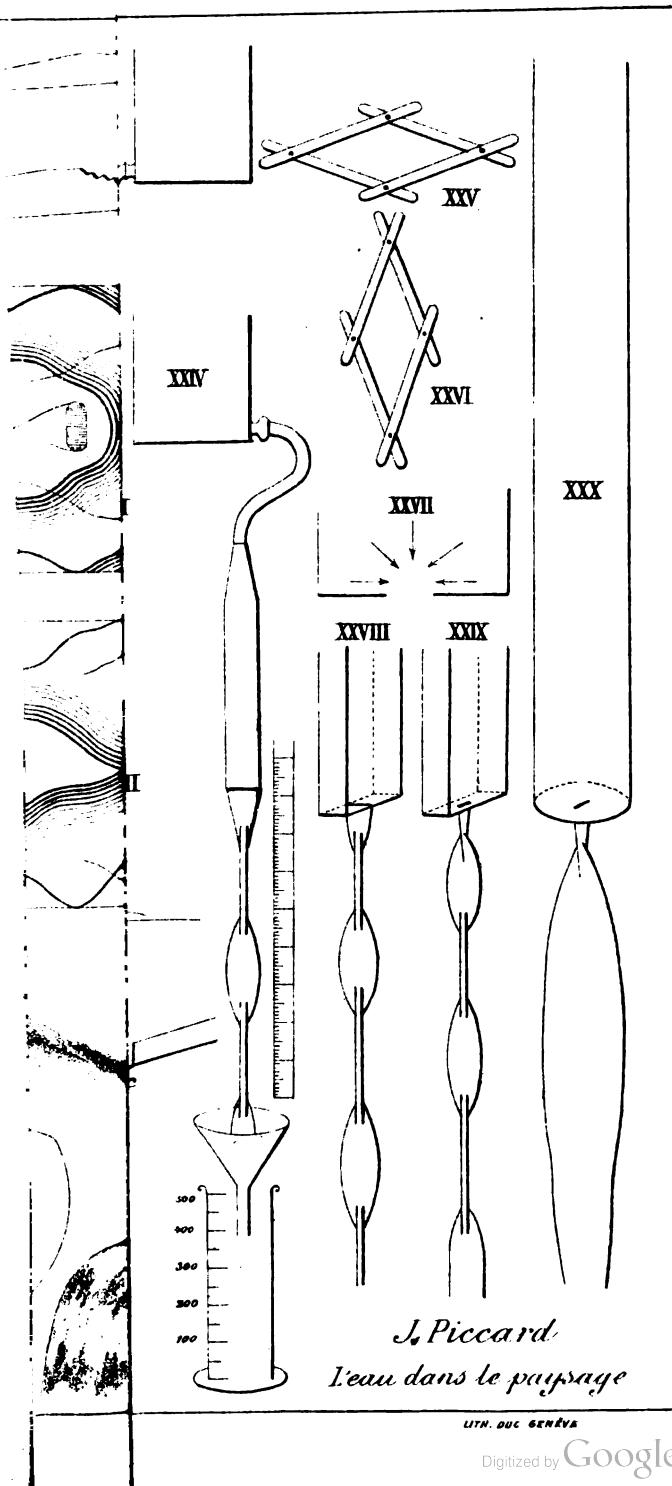
(*Transactions* » 1890 )



172



12







Phototypie H. Besson, Bâle.

J. P. del.





7



5



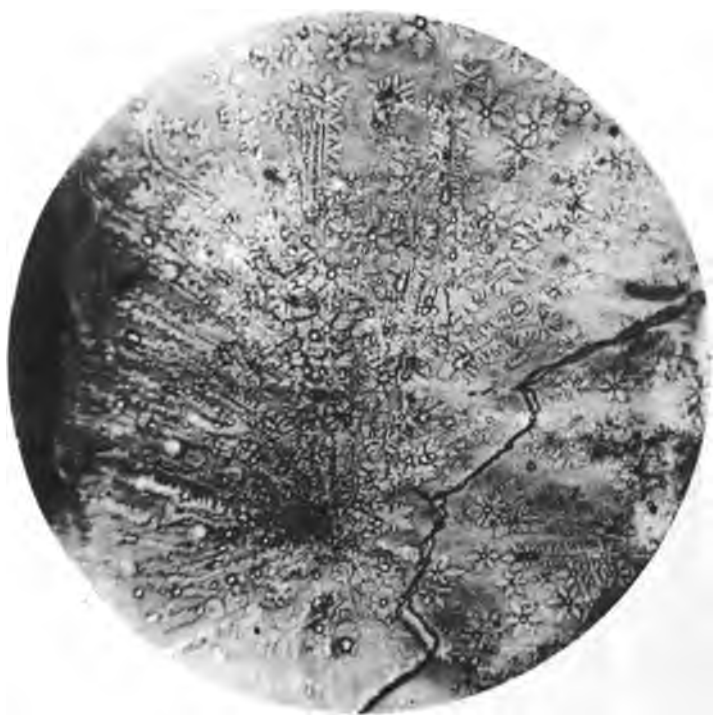




LA







Phototypie Besson.

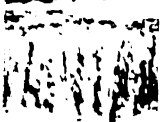




Phototypie H. Besson, Bâle.

J. P. del.





7



8



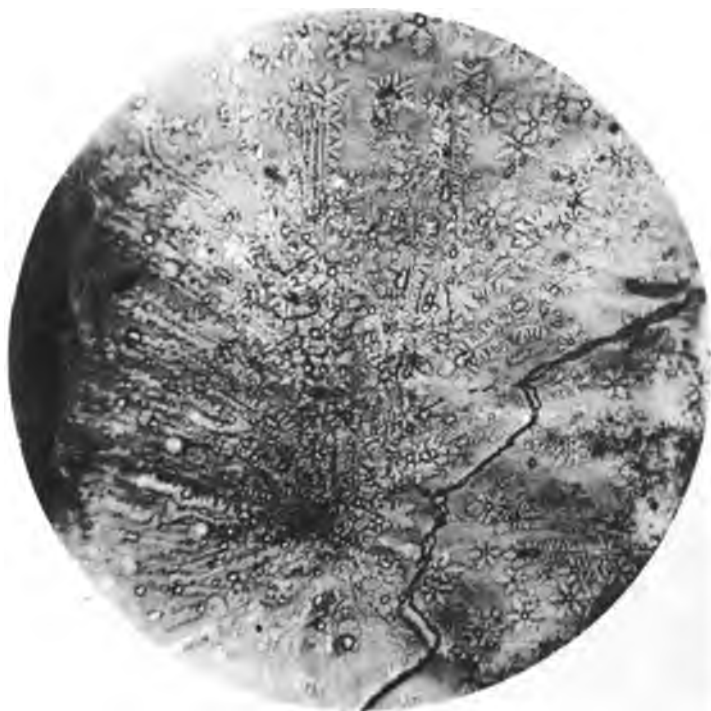




LA



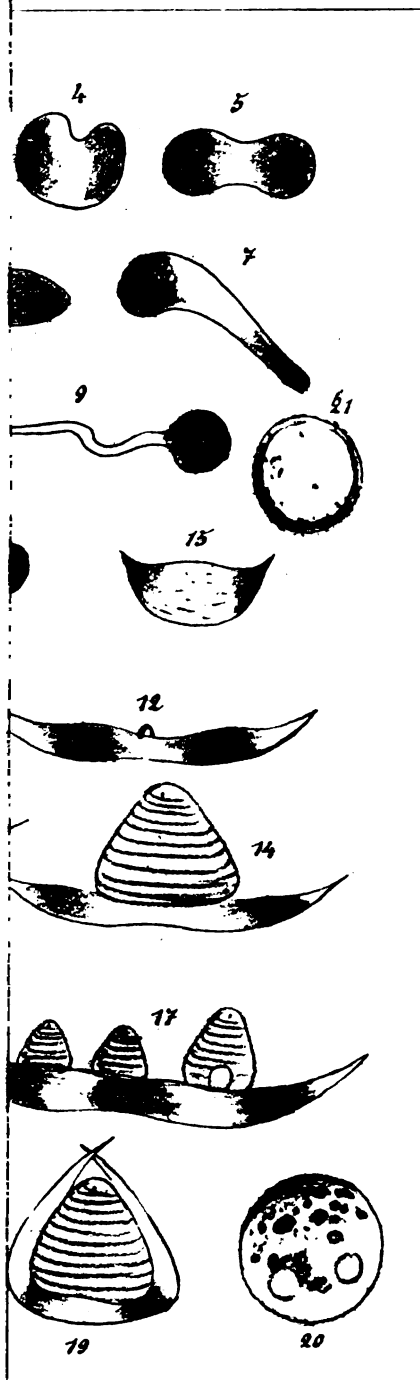




Phototypie Besson.

2  
1

1



Prof. D<sup>r</sup> Robert Chodat, ad nat. del.

es dans le pseudobulbe de

## ON S'ABONNE :

GENÈVE ..... { Bureau des *Archives*.  
Librairie A. CHERBULIEZ et C<sup>ie</sup>.

### POUR LE RESTE DE LA SUISSE :

LAUSANNE, Bureau de la *Bibl. Univ.*, chez GEORGES BRIDEL.

NEUCHÂTEL, Librairies SANDOZ et BERTHOUD.

BERNE ..... DALP, libraire.

BALE ..... GEORG, libraire.

CHAUX-DE-FONDS... REUSSNER, libraire.

LOCLE ..... GRAA, libraire.

ZÜRICH ..... { SCHULTHESS, libraire.  
ORELL, FUSSLI et C<sup>e</sup>, libraires.

Et dans tous les bureaux de poste de la Confédération.

### FRANCE.

PARIS, G. MASSON, 120, Boulevard Saint-Germain.

### ITALIE.

TURIN ..... BOCCA, libraire.

GÈNES ..... L. BEUF, libraire.

FLORENCE ..... BOCCA frères, libraires.

MILAN ..... DUMOLARD, libraire.

### ALLEMAGNE.

LEIPZIG ..... K.-F. KOEHLER, libraire.

On peut s'adresser également à BALE, chez GEORG, libraire,  
et aux directions des postes de la Confédération germanique.

### ANGLETERRE.

LONDRES ..... WILLIAMS et NORGATE, libraires.

### HOLLANDE.

AMSTERDAM ..... Van BAKKENES et C<sup>e</sup>, libraires.

### RUSSIE.

ST.-PETERSBOURG.. Jaques ISSAKOFF, libraire.

### SUEDE.

STOCKHOLM ..... Looström et C<sup>e</sup>, libraires.

### ÉTATS-UNIS.

NEW-YORK ..... F.-W. CHRISTEN, libr., Broadway, 763.

### BELGIQUE, DANEMARK et autres pays.

S'adresser à la Librairie G. MASSON, 120, Boulevard St-Germain

JUN 24 1891

**BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE**

12,263

---

# ARCHIVES

DES

**SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES**

---

TROISIÈME PÉRIODE

TOME XXIII

---

N° 6. — 15 Juin 1890



**GENÈVE**

**BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18**

**LAUSANNE**

**GEORGES BRIDEL**

Place de la Louve, 1

**PARIS**

**G. MASSON**

Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE **H. GEORG**, à BALE

---

1890



**La Bibliothèque Universelle et Revue Suisse**  
(*Partie littéraire*) paraît à LAUSANNE par livraisons mensuelles  
de 224 pages, et forme chaque année quatre beaux volumes de  
près de 2700 pages ensemble.

Tout ce qui concerne la *rédaction* doit être adressé *franco* à  
M. Ed. Tallichet, rue du Midi, 1, à Lausanne.

Pour les *abonnements*, les *réclamations* et les *annonces*, s'adresser  
au BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE, 1, place de la Louve,  
à Lausanne.

---

SOMMAIRE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LA LIVRAISON  
D'OCTOBRE

- I. Romanciers contemporains. Ferdinand Fabre, par M. *Philippe Godet*.
- II. L'éducation dans le premier âge, par M. *A. de Verdilhac*.
- III. L'étincelle. Nouvelle, par M. *T. Combe*. (Quatrième partie.)
- IV. De Livourne à Batoum. Notes et impressions d'un botaniste, par  
M. *Émile Leric*.
- V. Un humaniste français au XVI<sup>me</sup> siècle : Guillaume Budé, par  
M. *E. de Budé*. (Seconde et dernière partie.)
- VI. Chronique parisienne.
- VII. Chronique allemande.
- VIII. Chronique anglaise.
- IX. Chronique russe.
- X. Chronique suisse.
- XI. Chronique politique.
- XII. Bulletin littéraire et bibliographique.

---

**Les Archives des Sciences physiques et natu-  
relles** (*Partie scientifique* de la *Bibliothèque Universelle*) paraissent à GENÈVE.

Envoi *franco par la poste* aux prix d'abonnements suivants, payables à Genève (en espèces, mandats sur la poste, traites à vue).

**Suisse. . . . . Fr. 20**

**Tous les pays faisant partie de l'Union postale. » 25**

(Mêmes prix pour la partie littéraire.)

Chaque numéro se vend séparément 2 fr. 50.

Tout ce qui concerne la rédaction et l'administration doit être  
adressé *franco* au Bureau de cette publication, rue de la Pélisserie,  
n° 18, à Genève.

# AVRIL 1890

Revue géologique suisse pour l'année 1889, par MM. <i>Ernest Favre</i> et <i>Hans Schardt</i> (suite) . . . .	Pages 285
Note sur la composition des calcaires portlandiens des environs de Saint-Imier, par M. <i>L. Duparc</i> .	323
Manuel d'astronomie, par M. le prof. <i>R. Wolf</i> . . .	335

## BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE. — <i>G. Stadler</i> . Détermination de la conduc- tibilité calorique absolue de quelques roches. . . .	342
<i>P. Bachmetjew</i> . Sur la cause des sons produits par l'aimantation intermittente des métaux magné- tiques . . . . .	342
CHIMIE. — <i>Aug. Bischler</i> . Orthonitrophénylhydrazine.	343
GÉOLOGIE. — <i>D<sup>r</sup> G. Steinmann</i> . Éléments de paléon- tologie . . . . .	344
COMPTE RENDU des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne . . . . .	345
<i>Séances du 19 février 1890</i> . — <i>Renévier</i> , prof. 1 <sup>o</sup> Forêt siliciée d'Arizona; 2 <sup>o</sup> Phosphorites de Bessarabie; 3 <sup>o</sup> Disque gypseux de la Veveyse . . . . .	345
COMPTE RENDU des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève . . . . .	348
<i>Séance du 20 février 1890</i> . — <i>Gosse</i> et <i>Duparc</i> . Sidérolitique du Sa- lève. — <i>Th. Turettini</i> . Régularisation du niveau du lac de Ge- nève. — <i>Sarasin</i> et de la Rive. Résonance multiple des ondula- tions électriques. — <i>R. Gautier</i> . Observations de <i>M. Schiaparelli</i> sur la planète Mercure. — <i>A. Rilliet</i> . Mémoires de la Société.	348
<i>Séances du 6 mars</i> . — <i>Müller</i> . Travaux sur les Lichens. — <i>Duparc</i> et <i>Picinelli</i> . Serpentine du Geisspfadsee. — <i>Th. Flournois</i> . L'audi- tion colorée . . . . .	350
<i>Séance du 20 mars</i> . — <i>D<sup>r</sup> Girard</i> . Du rôle du cerveau dans l'acte respiratoire . . . . .	354
<i>Séances du 3 avril</i> . — <i>C. de Candolle</i> . Sur les causes de l'orientation des matières d'origine protoplasmique dans la oocytinèse. — <i>O. Asp</i> . Étude mathématique des diaclasses par torsion. — <i>Micheli</i> . Bulletin météorologique. — <i>Th. Lullin</i> . Mouvements qui se pro- duisent dans l'étalement d'une goutte d'eau. — <i>Duparc</i> et <i>Baëff</i> . Étude du régime de l'Arve . . . . .	357
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de mars . . . . .	365

<i>Néance du 20 novembre.</i> — Ph. Plantamour. Mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. — Ame Pictet et H.-J. Ankersmit. Sur la phénanthridine — C. Soret. Considérations théoriques sur la polarisation rotatoire naturelle. — L. Duparc. Composition de quelques roches du Valais. — E. Sarasin. Phénomène de végétation — Sarasin. Analyse de divers travaux	Pages 667
<i>Néance du 1 décembre</i> — Ch.-Eug. Goye. Conditions de sensibilité des bolomètres — L. Duparc. Classification des roches éruptives. — Wartmann. Phénomène curieux de végétation. — De Hansen. Forces électromotrices au contact d'un liquide avec les diverses faces d'un cristal. — R. Chodat. Structure intime des chloroplastes de <i>Calanthe Sieboldii</i> .	669
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES pendant le mois de novembre.	673

## ON S'ABONNE :

GENÈVE..... } Bureau des *Archives*.  
Librairie A. CHERBULIEZ et C<sup>o</sup>.

### POUR LE RESTE DE LA SUISSE :

LAUSANNE, Bureau de la *Bibl. Univ.*, chez GEORGES BRIDEL.  
NEUCHÂTEL, Librairies SANDOZ et BERTHOUD.

BERNE..... DALP, libraire.

BALE..... GEORG, libraire.

CHAUX-DE-FONDS... REUSSNER, libraire.

LOCLE..... GRAA, libraire.

ZURICH..... } SCHULTHESS, libraire.  
ORELL, FUSSLI et C<sup>o</sup>, libraires.

Et dans tous les bureaux de poste de la Confédération.

### FRANCE.

PARIS, G. MASSON, 120, Boulevard Saint-Germain.

### ITALIE.

TURIN..... BOCCA, libraire.

GÈNES..... L. BEUF, libraire.

FLORENCE..... BOCCA frères, libraires.

MILAN..... DUMOLARD, libraire.

### ALLEMAGNE.

LEIPZIG..... K.-F. KOEHLER, libraire.

On peut s'adresser également à BALE, chez GEORG, libraire,  
et aux directions des postes de la Confédération germanique.

### ANGLETERRE.

LONDRES..... WILLIAMS et NORCOTE, libraires.

### HOLLANDE.

AMSTERDAM..... Van BAKKENES et C<sup>o</sup>, libraires.

### RUSSIE.

ST.-PETERSBOURG.. Jaques ISSAKOFF, libraire.

### SUÈDE

STOCKHOLM..... LOOSTRÖM et C<sup>o</sup>, libraires

### ETATS-UNIS.

NEW-YORK..... F.-W. CHRISTEN, libr., Broadway, 763.

BELGIQUE, DANEMARK et autres pays

S'adresser à la Librairie G. MASSON, 120, Boulevard St-Germain



